

SÉRIE A. — N° 136

N° D'ORDRE

158

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR L'OBTENTION

DU TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

Maurice CHARVOZ

PREMIERE THESE

Recherches Biologiques Expérimentales sur les Fonctions Sensorielles et Psychiques des Téléostéens

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Soutenues le

22 MAR

1926, devant la Commission d'Examen composée de

MM. ET. RABAUD, Président.

F. PICARD

ROBERT LÉVY

} Examinateurs.

Ces recherches ont été poursuivies au Laboratoire de Biologie expérimentale
de la Sorbonne, sous la direction de M. le Prof. Et. RABAUD.

PARIS
LES PRESSES MODERNES
45, Rue de Maubeuge

1926

Recherches Biologiques Expérimentales
sur les
Fonctions Sensorielles et Psychiques
des Téléostéens

FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

<i>Doyen</i>	M. MOLLIARD, <i>Professeur</i> . Physiologie végétale.	
<i>Doyen honoraire</i>	P. APPELL.	
<i>Professeurs honoraires</i> ..	P. PUISEUX.	
	V. BOUSSINESQ.	
	A. JOANNIS.	
	H. LE CHATELIER.	
	H. LEBESGUE.	
	A. FERNBACH.	
<i>Professeurs</i>	EMILE PICARD	Analyse supérieure et algèbre supérieure.
	G. KOENIGS	Mécanique physique et expérimentale.
	EL. GOURSAT	Calcul différentiel et calcul intégral.
	P. JANET	Electrotechnique générale.
	F. WALLERANT	Minéralogie.
	H. ANDOYER	Astronomie.
	P. PAINLEVÉ	Mécanique analytique et mécanique céleste.
	E. HAUG	Géologie.
	Gabriel BERTRAND	Chimie biologique.
	M ^{me} P. CURIE	Physique générale et radioactivité.
	M. CAULLERY	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
	C. CHABRIÉ	Chimie appliquée.
	G. URBAIN	Chimie minérale.
	Emile BOREL	Calculs des probabilités et Physique mathém.
	L. MARCHIS.	Aviation.
	Jean PERRIN	Chimie physique.
	H. ABRAHAM	Physique.
	E. CARTAN	Géométrie supérieure.
	L. LAPICQUE	Physiologie générale.
	E. VESSIOT	Théorie des groupes et calcul des variations.
	A. COTTON	Physique générale.
	J. DRACH	Application de l'analyse à la géométrie.
	Charles FABRY	Physique.
	Charles PÉREZ.	Zoologie.
	A. LEDUC	Physique théorique et physique céleste.
	Léon BERTRAND	Géologie appliquée et géologie régionale.
	R. LESPIEAU	Théories chimiques.
	E. RABAUD	Biologie expérimentale.
	P. PORTIER	Physiologie comparée.
	E. BLAISE	Chimie organique.
	P.-A. DANGEARD	Botanique.
	C. MAURAIN	Physique du globe.
	P. MONTEL	Mécanique rationnelle.
	P. WINTREBERT	Anatomie et histologie comparées.
	O. DUBOSCQ	Biologie maritime.
	M. TIFFENEAU	Chimie (Enseignement P. C. N.).
	G. JULIA	Mathématiques générales.
	A. JOB	Chimie générale.
	N... ..	Géographie physique.
	E. HÉROUARD	Zoologie.
	Rémy PERRIER	Zoologie (Enseignement P. C. N.).
	G. SAGNAC	Physique théorique et physique céleste.
	E. PÉCHARD	Chimie (Enseignement P. C. N.).
	V. AUGER	Chimie analytique.
	M. GUICHARD	Chimie minérale.
	A. GUILLET	Physique.
	C. MAUGUIN	Minéralogie.
L. BLARINGHEM	Botanique.	
A. MICHEL-LÉVY	Pétrographie.	
A. DEREIMS	Géologie.	
R. DONGIER	Physique du globe.	
<i>Secrétaire</i>	Daniel TOMBECK.	

SÉRIE A. — N° 136

N° D'ORDRE

158

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR L'OBTENTION

DU TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

Maurice CHARVOZ

PREMIERE THESE

Recherches Biologiques Expérimentales sur les Fonctions Sensorielles et Psychiques des Téléostéens

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Soutenues le

22 MAR

1926, devant la Commission d'Examen composée de

MM. ET. RABAUD, *Président.*

F. PICARD

ROBERT LÉVY } *Examineurs.*

*Ces recherches ont été poursuivies au Laboratoire de Biologie expérimentale
de la Sorbonne, sous la direction de M. le Prof. Et. RABAUD.*

PARIS

LES PRESSES MODERNES

45, Rue de Maubeuge

1926

**La Faculté n'entend donner aucune appro-
bation ni improbation aux opinions émises
dans les thèses, ces opinions doivent être
considérées comme propres à leurs auteurs.**



A MONSIEUR LE PROFESSEUR

ÉTIENNE RABAU,

DIRECTEUR DU LABORATOIRE DE BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE
DE LA SORBONNE

HOMMAGE DE RESPECTUEUSE RECONNAISSANCE.

MAURICE CHARVOZ.

PRÉFACE

Certainement la science a plus d'intérêt à laisser d'abord les faits se constituer.

(KOLLIKER).

Le plus grand nombre se contentent de vivre. Je suis du ceux qui voudraient savoir et qui ne sont jamais satisfaits.

(Pierre TERMIER).

Le domaine de la Biologie est extrêmement vaste ; ses contours sont même bien imprécis. Les auteurs en étendent ou en circonscrivent les limites au gré de leurs recherches, c'est-à-dire un peu arbitrairement, de sorte que le mot « biologie » ne présente pas toujours une signification bien déterminée.

Pour *Auguste Comte*, le sens de ce terme est très étendu, encyclopédique, conforme à son étymologie : la Biologie est la science de la vie ; elle embrasse donc tous les phénomènes que présentent les êtres vivants. Cette conception, qui semble d'ailleurs la véritable, c'est-à-dire la plus juste, a persisté jusqu'à nos jours et paraît en quelque sorte classique. Dernièrement, en effet, un maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Rennes, *Max Kollmann*, dans un résumé synthétique qu'il vient d'écrire, n'a-t-il pas défini la Biologie « la Science des êtres vivants, considérés à tous les points de vue possibles (1).

Dans un livre remarquable de la Bibliothèque des Sciences Contemporaines, le *D^r Letourneau* restreint par contre, considérablement, le domaine de la Biologie et le réduit à peu près aux limites de la physiologie générale. « Sous l'étiquette biologie, dit-il, nous plaçons seulement l'exposition et la coordination de tous les grands faits et des grandes lois de la vie, à peu près ce qu'on entend d'ordinaire par physiologie générale, en appliquant cette dénomination aux deux règnes organiques » (2).

(1) (Max KOLLMANN, *La Biologie*, p. 9.

(2) D^r LETOURNEAU, *La Biologie*, préface v.

Cette indétermination est fort compréhensible ; elle est en quelque sorte fatale. C'est le résultat, à la fois, de l'immensité et de la complexité de la matière à étudier, à embrasser pour ainsi dire, et de la nécessité où se trouve l'homme de resserrer, de restreindre, de limiter en quelque sorte cette même matière, de la réduire à des proportions humaines, pour mieux l'étreindre et mieux la connaître dans ses détails, et, par suite, dans son ensemble.

Dans ses « *Eléments de Biologie Générale* », le *Prof. Et. Rabaud* fait ressortir avec beaucoup de clarté ce double aspect de la Biologie : d'un côté, théoriquement, l'immensité indéfinie du domaine d'une science qui embrasse les innombrables manifestations de la vie ; d'un autre côté, pratiquement, la subdivision de cette science en multiples disciplines, plus ou moins autonomes, se constituant au sein même de la biologie qui les englobe toutes cependant et les relie par les indissolubles et multiples liens de la matière organique, comme par les lois générales de la vie.

« Le terme de Biologie, dit-il avec raison, n'a par lui-même aucun sens précis, et ne saurait en avoir. L'étude de la vie comporte, en effet, des points de vue très divers : la description et la classification des formes, le fonctionnement des organes, le rapport des êtres entre eux et avec l'ensemble des conditions extérieures, la constitution et l'organisation de la matière vivante, l'analyse de ses transformations et de son évolution, sans négliger la recherche des causes. Tout ce qui concerne une plante ou un animal, appartient peu ou prou au domaine de la Biologie et l'on aperçoit, dès lors, l'extension que ce domaine peut prendre : il englobe aussi bien la linguistique que la sociologie. En principe, c'est bien tout cela que contient la Biologie. Mais, dans la pratique, certaines parties ont pris un tel développement que, tout en conservant des liens étroits avec les autres parties, elles ont acquis une grande autonomie. » (1)

Evidemment, comme science de la vie, la Biologie se fragmente en nombreuses sciences dérivées et dépendantes d'elle, comme les branches rameuses sortent et dépendent d'un tronc commun qu'elles recouvrent de l'enchevêtrement de leurs frondaisons. Elle devient Embryologie, quand elle se limite à

(1) Et. RABAUD, *Eléments de Biologie générale*, p. 3.

l'étude du développement de l'ovule fécondé; Histologie, lorsqu'elle étudie la texture intime des tissus dérivés de la cellule primitive; Botanique, lorsqu'elle embrasse l'examen des végétaux; Zoologie, lorsqu'elle s'attache à l'étude des animaux; Morphologie, lorsqu'elle décrit les formes des êtres vivants; Physiologie, lorsqu'elle décrit les fonctions de leurs organes; Ethologie, lorsqu'elle recherche les influences du milieu sur l'être vivant, celles des êtres vivants entre eux et sur leur milieu; Anthropologie, lorsqu'elle étudie spécialement l'Homme; Psychologie, lorsqu'elle s'attache à débrouiller l'écheveau compliqué du travail cérébral et le fonctionnement du système nerveux central, manifesté sous forme de réflexes, d'instincts, de sentiments, de volonté et de pensée; Sociologie, enfin, lorsque, par delà l'individu, elle étudie les lois qui régissent la formation, la conservation et la transformation des groupements et associations des organismes vivants.

Toutes ces disciplines ne sont, en somme, comme nous l'avons déjà dit, que des fragments de la Biologie. Celle-ci les relie par le fait qu'elle a pour objet la matière vivante dont chaque discipline examine une face particulière, vue sous un angle spécial !

Mais, à la considérer dans son ensemble, la Biologie étend encore bien au delà les frontières indécises de son domaine, car la vie ne peut exister sans une base matérielle, sans la matière organique, sans l'albumine colloïdale dont se compose le protoplasma, formée de corps chimiques inorganiques, carbone, oxygène, hydrogène, azote, fer, soufre et quelques autres éléments, toujours les mêmes !

Ces corps, dont les combinaisons sont extrêmement complexes et instables dans les êtres vivants, sont eux-mêmes soumis aux lois mécaniques de la physique et de la chimie moléculaire, de sorte que la Biologie pousse ses prolongements et ses racines dans le domaine de la physico-chimie.

D'autre part, comme la vie n'a certainement pas toujours existé sur la terre, qu'elle n'a dû et pu se produire que le jour où l'écorce terrestre, suffisamment refroidie, présentait les conditions nécessaires à son éclosion, la Biologie est amenée à pousser ses recherches jusque dans le domaine de la géologie, jusque dans les formations successives de l'écorce du globe pour inter-

roger les fossiles, ces précieux débris de la vie qui s'est écoulée dans un prodigieux lointain. Elle étend ainsi des prolongements dans les domaines combien vastes et incomplets encore de la Paléontologie et de la Géologie.

Et, des données convergentes de la Paléontologie, de l'Embryologie et de l'Anatomie comparée est né et s'est épanoui le merveilleux spectacle de l'Evolution et du Transformisme de la Vie. Celle-ci, née des forces physico-chimiques de la matière brute, se diversifie, se propage, varie sous l'influence combinée des milieux extérieurs et la poussée des forces intérieures de la matière vivante, condensées, accumulées dans le protoplasma par d'incessantes combinaisons chimiques et d'éternelles vibrations de l'ambiance physique.

Mais enfin, qu'est-ce donc que la Vie ?

Les savants en ont donné de multiples définitions plus ou moins claires, dont voici quelques-unes :

Pour *Cuvier*, la vie est une force qui « résiste » aux lois qui régissent la matière brute. Evidemment, cette affirmation reflète l'animisme d'un savant qui, malgré ses vastes connaissances, n'a jamais su se dégager de l'emprise scolastique. Sa pensée serait plus près des données de la science moderne si elle avait été exprimée de cette façon : la vie est une force qui « résulte » des lois régissant la matière brute.

Pour *Buffon*, « la vie est un minotaure qui dévore l'organisme ». Sous cette forme imagée et à effet littéraire, Buffon semble aussi considérer la vie comme une entité, ou une force extérieure et supérieure à l'organisme. C'est quelque chose de mystérieux, hors de la portée de notre observation. Où est ce minotaure ? Quelle en est la substance, la structure, la forme, l'origine ? Comment le saisir et l'étudier ? Buffon, qui a tant de mérites, par ailleurs, oublie de nous le dire. Nous n'avons pas à nous occuper d'un insaisissable fantôme.

Claude Bernard, par contre, devient plus précis, plus positif. Lui qui a tant étudié la vie dans les êtres vivants, s'exprime ainsi : « La vie est une combustion ». « L'organisme, dit-il encore, est une machine vivante qui fonctionne selon les lois de la mécanique et de la physico-chimie. La vie, remarque-t-il avec beaucoup de justesse, ne peut se définir, et ses caractères principaux sont la création et la destruction organiques. »

Comme on l'observe, le grand expérimentateur ne voit plus aucune opposition entre la vie et les lois de la matière brute, dont elle est une expression, un résultat. Il ne cherche pas la raison d'être de la vie en dehors et au-dessus de l'organisme, mais en lui-même, dans les propriétés de la matière soumise aux lois de la physique et de la chimie.

Pour *Herbert Spencer*, la vie est une combinaison définie d'échanges hétérogènes, à la fois simultanés et successifs. C'est là, en termes moins clairs, la pensée même de Claude Bernard.

Pour *Littre*, la vie est l'activité de la matière organisée. C'est exactement la pensée de *Dugès* pour lequel « la vie est l'activité spéciale des êtres organisés ».

Le Dantec déclare que « la vie, c'est l'assimilation ».

« La vie, dit *Haeckel*, n'est qu'un phénomène physique. Tous les phénomènes vitaux sont dus à des causes mécaniques, soit physiques, soit chimiques, ayant leur raison d'être dans la constitution de la vie organique ! (1)

« La vie est un phénomène chimique, dit à son tour le docteur *R. Manzoni*. Un organisme vivant est une synthèse continue de matière en équilibre instable ». (2)

Qu'est-ce en effet qu'un être vivant, dit aussi M. le Prf. *Rabaud*, sinon un complexe physico-chimique variable ? (3)

Pour le Prf. *A. Jacquemin*, la matière vivante est un colloïde... elle participe donc du domaine physique et chimique... La vie est un phénomène naturel. Les phénomènes biologiques peuvent donc être rangés parmi les autres phénomènes naturels. Ils n'ont rien d'extranaturel, rien de miraculeux ; nous n'avons pas à chercher leur explication et leur signification en dehors de ce que nous pouvons atteindre par la science positive : l'étude de la vie est du ressort de la physique et de la chimie, ou mieux de la physico-chimie. (4)

Les manifestations si variées qui traduisent l'activité des êtres vivants, dit *Dastre*, correspondent à des conversions d'une forme dans une autre, conformément aux règles d'équivalence fixées par les physiciens. On pourra formuler cette conception de la

(1) ERNEST HAENCKEL, *Histoire de la Création naturelle*.

(2) Dr ROMÉO MANZONI, *Le Problème biologique*.

(3) Et. RABAUD, *Le Transformisme et l'expérience*.

(4) A. JACQUEMIN, *La matière vivante et la vie*.

manière suivante : les phénomènes de la vie sont des métamorphoses énergétiques au même titre que les autres phénomènes de la nature (1). Et le Prf. Dastre résume sa pensée par cette conclusion : « L'énergétique biologique n'est autre chose que la physiologie générale ramenée aux principes communs à toutes les sciences physiques. »

La vie, déclare clairement *Emile Yung* est une forme particulière de la force universelle. (2)

La substance vivante n'est qu'une partie de la matière qui compose le globe, affirmait déjà *Max Verworn*; et elle n'est pas différente des autres substances quant à sa constitution élémentaire. La substance vivante doit donc obéir, dans ses changements de forme, aux lois mécaniques de la matière aussi bien que les autres corps. (3)

Voici comment *E. Lambling* résumait, en 1921, ses études de Biochimie : « Tous les matériaux qui constituent les êtres vivants sont donc empruntés au milieu minéral ambiant et font retour à ce milieu après avoir parcouru un cycle déterminé de transformations chimiques. En d'autres termes, les êtres vivants ne créent ni ne détruisent rien comme on le croyait autrefois. Les métamorphoses chimiques qu'ils subissent incessamment dans toutes leurs parties, sont soumises, comme toutes les transformations chimiques, à la loi de la conservation de la matière.

La même conclusion s'impose pour ce qui regarde les transformations de l'énergie. Les organismes ne créent aucune partie de l'énergie qui leur a été fournie par un agent extérieur. C'est là un fait que nous déduisons immédiatement du principe de la conservation de l'énergie, et que vérifient d'ailleurs toutes les découvertes de la physique et de la chimie biologique. Partant de ce principe, on peut dire que l'entretien de la vie ne consomme aucune énergie qui soit propre à la vie (*Berthelot*). Cette énergie est empruntée tout entière au monde extérieur, et doit se retrouver tout entière dans l'énergie dépensée au dehors par l'être vivant.

En résumé, les substances que le monde minéral fournit à la

(1) A. DASTRE, *La Vie et la Mort*, p. 95.

(2) E. YUNG, *Conférence sur la conception moderne du Monde*, Genève.

(3) MAX VERWORN, *Physiologie générale*, p. 203.

matière vivante subissent pendant leur passage à travers les organismes deux grands procès inverses l'un de l'autre. Le premier est un phénomène de construction moléculaire, avec accumulation dans les produits ainsi formés d'une certaine quantité d'énergie, laquelle est fournie par la radiation solaire; le second est un phénomène de dislocation moléculaire avec mise en liberté d'énergie. » (1)

Pour certains, nous sommes même à la veille de la création artificielle de la matière vivante par la combinaison de corps inorganiques. N'oublions pas que, à côté des chimistes, toute une école de biologistes s'évertue à poursuivre la réalisation de ce rêve : la production de la vie au moyen de substances chimiques. Depuis Bütschli jusqu'à Leduc, Errera et Castellanos, de nombreuses tentatives se sont poursuivies dans ce sens par différents procédés plus ou moins heureux.

Le Prf. Rabaud se montre très sévère pour ces essais qu'il qualifie de « fausse expérimentation ». Il estime que ces imitations grossières, d'une naïveté sans égale, n'ont, avec le but qu'elles poursuivent, aucun rapport véritable. » (2) Tous les biologistes ne montrent pas, à ce sujet, la même sévérité ; ils voient en tous cas, dans ces simulacres, l'indication que la nature possède en soi des forces d'organisation et de production des phénomènes caractéristiques de la Vie. (3)

Mais celle-ci, si jamais elle se réalise par l'intervention de l'homme, ne se réalisera vraiment que par la chimie organique, dont la puissance, il faut le reconnaître, devient de plus en plus surprenante. Depuis le défi, que Berthelot a relevé en composant un produit organique, la synthèse a fait des progrès de géant. « Elle reproduit maintenant la plupart des sucs qui s'élaborent au sein de la plante, dit le Dr A. Bernoud, et par la synthèse des polypeptides dues à Fischer, à Abderhalden et à leurs élèves, elle prétend même obtenir l'albumine, première étape sur le chemin de la fabrication de la vie (4). »

(1) E. LAMBLING, *Précis de Biochimie*, p. 6-8.

(2) Et. RABAUD, *Eléments de Biologie générale*, p. 20.

(3) Alph.-L. HERRERA, *Biologica y Plasmogenia*, Mexico, 1924.

CASTELLANOS, *La Plasmogenia*, Habana, 1921 ; Les Frères MARY, *Principes de Plasmogénie*.

(4) Dr A. BERNOUD, *Chronique scientifique de la « Gazette de Lausanne »*, 9 août 1925.

Quoi qu'il en soit, nous devons bien reconnaître avec *Georges Bohn* que « presque tous les biologistes s'accordent maintenant pour considérer que la vie est la résultante de phénomènes physico-chimiques complexes. Dans l'infiniment petit, la molécule chimique et l'être vivant semblent se confondre ; et c'est sans doute à cette échelle, que s'est fait le passage de la matière inanimée à la matière vivante » (1).

La vie rentre ainsi dans le domaine de la science expérimentale. La biologie se rattache, par sa base même, à la mécanique générale du monde. Les lois qui régissent la matière vivante ressortent de celles-là même qui gouvernent la matière inorganique. Les phénomènes de l'être vivant échappent dès lors à l'arbitraire et à la fantaisie du mystère insondable, pour relever d'un déterminisme rigoureux, mais complexe qu'il s'agit de dévoiler et de reconnaître. La Nature, vivante et organique, se manifeste ainsi sous la forme d'un ensemble unifié dont les multiples aspects sont reliés par la même substance fondamentale, par les mêmes énergies, aux manifestations variées, mais que ne divisent plus d'infranchissables abîmes creusés par notre ignorance ou par notre imagination.

Tous les phénomènes de la vie, seraient-ils les plus compliqués et les plus étranges, deviennent des objets intéressants de recherches scientifiques : l'origine elle-même de la vie, comme les faits de son évolution à travers les périodes géologiques, comme toutes les manifestations biologiques et morphologiques actuelles, sont des problèmes qui s'imposent désormais à notre attention, et dont la raison peut chercher la solution avec des chances et des espoirs de succès.

Tant que la vie était regardée comme une entité extranaturelle, elle échappait à l'investigation et au contrôle de la méthode expérimentale : questions et réponses se perdaient du reste dans les nuages, s'évanouissaient en mirages décevants.

Mais les progrès accomplis sont désormais tels que, « réduire la vie à un concept métaphysique inaccessible à l'observation devient une entreprise difficile. L'organisme ne contient vraisemblablement pas autre chose que sa substance, dont le rôle ne se réduit pas à envelopper les particules étrangères menées par une force mystérieuse. Emanation du milieu, cette subs-

(1) *Georges BOHN, La Vie et la Mort*, p. 37 et 96. Paris, 1925.

tance n'existe que par lui ; sa persistance, ses transformations dépendent exclusivement de ce milieu dont elle ne cesse point de faire partie intégrante » (1).

Les citations que nous avons relevées, et que nous pourrions indéfiniment multiplier, prouvent suffisamment la tendance de la biologie moderne à ramener les phénomènes de la vie à des réactions physico-chimiques, soumises aux lois de la nature, à l'incessante influence des milieux. Toutes convergent à démontrer que les manifestations des êtres vivants ne sont que des transformations de l'énergie cosmique et que la vie est, non pas une mystérieuse et insaisissable entité métaphysique, mais un phénomène naturel dans l'enchaînement et la complexité de tous les autres phénomènes de la nature.

Evidemment, cette conception de la vie ne saurait plaire à certains esprits traditionalistes, imbus d'un dualisme dont la survivance est due à l'empreinte indélébile d'une éducation séculaire. Mais, tout homme, dégagé de préjugés à prioristiques, peut faire siennes ces fières paroles du professeur A. Giard : « Nous proclamons avec Loeb le droit d'aborder tout problème biologique sans souci du trouble que la solution attendue pourra apporter aux esprits conservateurs » (2).

Puisque la vie, de l'aveu général de tant d'illustres savants, est un fait naturel, à notre portée, elle devient un immense champ d'observations et d'expériences. Les faits, dès lors, prennent une valeur extraordinaire ; aucun d'eux, parût-il insignifiant, n'est négligeable ; seuls, ils doivent imposer leur indéfectible logique à la spéculation, dont ils deviennent la base inébranlable.

Les plus minces observations, bien contrôlées, ont donc leur importance. Les plus petites expériences ont leur valeur. Ces observations et ces expériences de détail, reliées un jour à d'autres observations et à d'autres expériences, recueillies hier ou demain en d'autres points de l'horizon, peuvent servir à jeter quelque lumière en des régions encore inexplorées ou mal connues. Au point de convergence d'observations bien contrôlées, un cerveau venu à point relie ces faits épars et fait jaillir

(1) Et. RABAUD, *Le Transformisme et l'Expérience*, p. 32.

(2) A. GIARD, Préface de la « Dynamique des Phénomènes de la Vie » de Loeb.

un jet de lumière, comme un électricien reliant des fils de cuivre, donne le courant à la lampe électrique et projette ainsi du jour dans la nuit.

C'est cette pensée qui nous a conduit à poursuivre de modestes recherches biologiques dans le champ fort limité, mais combien intéressant cependant, des Vertébrés inférieurs dont la vie contient encore pour nous tant d'obscurité.

Loin de nous la prétention d'y avoir fait la moindre découverte importante. Humble ouvrier dans un domaine qui nous était totalement inconnu au début de ces recherches, nous avons cherché à relever des observations justes, à faire des expériences exactes, soutenu par cette profonde conviction que seuls les faits doivent nous conduire. Peut-être avons-nous corrigé avec raison quelques petites erreurs qui ont cours dans la science ? Peut-être avons-nous aussi apporté quelques observations nouvelles, peu importantes en elles-mêmes, mais qui pourront servir, le moment venu, à un esprit mieux armé que le nôtre, à jeter dans cette région encore obscure de la Biologie, quelque rayon de clarté....

INTRODUCTION

Lorsqu'on lit les ouvrages d'histoire naturelle, on est parfois frappé des contradictions qui existent au sujet de la biologie des vertébrés inférieurs.

La classification de ces animaux, il faut le reconnaître, est relativement bien faite. Leur morphologie, leur anatomie, leur histologie même, sont étudiées dans tous leurs détails, ainsi que leur embryologie. Mais, par contre, leur physiologie et leur psychologie présentent de regrettables et trop fréquentes inconnues ; elles prêtent même encore le flanc à d'étranges et persistantes légendes qui nous arrivent de loin, des profondeurs du passé.

Il est vrai que la Biologie des Poissons, à cause même de leur vie aquatique, est plus difficile à connaître que celle des animaux terrestres, que l'homme peut observer autour de lui, en relation directe et constante avec son propre milieu.

Pourtant, quel intérêt n'y a-t-il pas, tant au point de vue scientifique qu'au point de vue philosophique, à être fixé avec certitude sur les phénomènes biologiques de ces êtres marins et aquatiques, sur ces Vertébrés inférieurs, tronc vraisemblablement primordial d'où dérivent et émergent, en ramifications divergentes, tous les autres Vertébrés !

De nombreuses questions se posent encore à l'observateur, auxquelles on n'a pas donné de réponses précises, quand ces réponses ne se perdent pas dans la contradiction.

Les appareils récepteurs des excitations, venues de l'extérieur, fonctionnent-ils, dans un milieu aquatique, de la même façon ou à peu près, que ceux des Vertébrés terrestres ou aériens ? En d'autres termes, leurs organes des sens perçoivent-ils les mêmes vibrations lumineuses, acoustiques et autres ? Réagissent-ils, sinon avec la même intensité, du moins par des

processus identiques à ceux des animaux supérieurs, vivant à l'air libre ?

D'autre part, les impressions extérieures sont-elles perçues par leurs centres nerveux de façon à s'y imprimer sous forme de mémoire ? Les impressions, une fois inscrites dans leurs centres nerveux si rudimentaires, peuvent-elles s'y conserver un certain laps de temps et être évoquées à nouveau, après interruption, quand l'organisme se retrouve dans les mêmes conditions ?

Bien d'autres questions se posent à l'esprit quand on étudie ces animaux. Mais, pour ne pas nous égarer en de trop multiples recherches, nous avons limité nos observations et nos expériences à ces deux côtés de la biologie des Poissons, à ces deux faces intimement liées, du reste, par leurs relations constantes et presque inséparables : les réactions physiologiques des sens et les réactions psychiques du souvenir, car la mémoire, à la considérer sous tous ses aspects, est bien, à la fois, fille des impressions sensorielles et mère de tout développement psychique, là où le psychisme s'est épanoui en facultés supérieures.

Toutefois, notre travail est divisé en trois parties. Cette division est dictée par la nature même du sujet.

Dans la première partie, nous avons étudié successivement les réactions visuelles, auditives, olfactives, gustatives et tactiles des Poissons.

Cette étude nous a mené à une série de recherches sur un organe particulier à certains Vertébrés, aux Téléostéens tout spécialement, et inexistant chez les autres animaux. Une deuxième partie est ainsi consacrée à la « ligne latérale », remarquée depuis l'antiquité, objet de tant de recherches déjà, mais dont le rôle, sans doute complexe, n'est pas encore exactement connu.

Dans une troisième partie enfin, nous avons cherché à reconnaître ce qu'il y a de positif dans l'existence et le rôle de la mémoire des Poissons, mémoire admise par des auteurs qui la poussent jusqu'à l'exagération et niée par d'autres qui, se basant sur un fait anatomique incontestable, la refusent aux Poissons parce que, disent-ils, ils n'ont pas d'écorce cérébrale, siège de cette faculté !

Nos recherches, que nous regrettons de n'avoir pu poursuivre

indéfiniment, en surface et en profondeur, sont purement expérimentales, dans les limites naturellement que nous offre le laboratoire.

Profondément convaincu que la biologie est et doit être une science positive, qu'elle doit baser toutes ses spéculations et ses théories sur des faits d'observation et d'expérience, nous nous sommes surtout attaché à reconnaître des faits, à imaginer des expériences, avec le matériel dont nous disposions, sans nous soucier des résultats ni de la poursuite d'une idée préconçue.

Nous pourrions en partie faire nôtres ces paroles du D^r P. Regnard, extraites d'un livre que nous n'avons connu que trop tard : « C'est expérimentalement, et seulement par cette voie, que nous avons procédé. Pour nous tout ce qui n'est pas le résultat de l'expérience n'existe pas; le raisonnement ne peut intervenir que pour imaginer l'expérience et pour conclure après elle. Toute conception a priori ne peut conduire à la vérité scientifique que par hasard. » (1)

Tout de même, il nous eût été agréable, et combien profitable aussi, de joindre à l'expérimentation, l'observation directe au bord des lacs ou de la mer, ce grand réservoir de vie féconde et vibrante, car, à côté de l'expérimentation en champ clos du laboratoire, existe, malgré ce qu'en dit le D^r Regnard, l'observation directe dans la nature, précieux trésor dont il a su lui-même si bien profiter.

Mais, moins heureux que lui, nous avons été réduit aux seules ressources du laboratoire, forcément limitées. Nos recherches nous ont été grandement facilitées par les encouragements donnés et le matériel fourni par notre vénéré maître M. le Prf. Rabaud, sous la direction duquel nous avons joui de la plus complète liberté de travail et d'esprit. Qu'il nous permette de lui en exprimer ici notre vive gratitude, comme nous exprimons aussi notre reconnaissance à tout le personnel de son laboratoire. Enfin, pour compléter notre pensée directrice, nous redirons encore, avec F. Henneguy : « J'ai cherché avant tout à établir des faits et je n'ai attribué aux théories qu'une importance secondaire. » (2)

(1) D^r P. REGNARD, *La vie dans les eaux*, p. 139.

(2) Félix HENNEGUY, *Thèse sur l'Embryologie de la Truite*, 1889.

PREMIÈRE PARTIE

Les Organes des Sens

Peu d'auteurs, à notre connaissance, ont traité expérimentalement cette question de la biologie des organes des sens; et leurs données sont assez contradictoires. Les uns, par exemple, prétendent que les Poissons voient mal les objets et les couleurs. D'autres, au contraire, estiment que leurs yeux, comme ceux des Vertébrés aériens, jouissent de la faculté d'accommodation pour la vision à distance et sont aussi à même de reconnaître les différences de coloration.

Ces opinions divergentes se manifestent assez souvent en quelques mots dans les traités classiques des naturalistes. *Rémy Perrier* affirme que « contrairement à ce qui a lieu chez les Vertébrés aériens, l'œil des Poissons est adapté à la vision rapprochée » (1).

Milne Edwards, sans en donner des preuves toutefois, admet comme fort probable que les Poissons ne sont pas privés de la faculté de distinguer entre elles les différentes couleurs. (2)

Vitus Graber (1884-1885), après avoir étudié la vision chez quelques Poissons, admet que ceux-ci marquent une préférence pour les rayons moins réfrangibles, pour les parties les moins éclairées, et pour le rouge sur le bleu, même si le rouge est douze fois plus éclairé; mais la réaction serait renversée au-delà de ce maximum d'éclairement. (3)

Expérimentant de jeunes *Atherina Hepsetus*, et des *Squalius*

(1) Remy PERRIER, *Cours élémentaire de Zoologie*, p. 670.

(2) Milne EDWARDS, *Leçons de Physiologie et Anatomie comparée*, t. XII, p. 376.

(3) Vitus GRABER, *Grundlinien zur Erforschung des Helligkeits und Farbensinnes der Tiere*.

Cephalus, C. Hess (1909) remarque que la préférence pour le rouge ou le bleu suit le degré d'éclairement; il en déduit l'indifférence des qualités de la lumière; l'intensité seule des rayons lumineux réagirait donc, d'après lui, sur la vue des Poissons.

Bauer, au contraire, par ses expériences sur l'*Atherina Hepsetus*, la *Charax Puntazzo*, le *Box Salpa*, n'attache pas la même importance à l'intensité de la lumière, mais bien plus à la couleur et à la brusquerie de l'éclairement. La lumière rouge surtout provoquerait un rapide mouvement de fuite. (1)

En 1912, Frisch expérimente sur un Poisson, le *Phoxinus Laevis*, qui, grâce à ses chromatophores, réagit à l'éclairement et à la coloration des fonds. Il croit que le poisson perçoit identiquement des groupes de couleurs, comme le vert et le bleu, qu'il distinguerait du groupe jaune et rouge. Cette discrimination se ferait par les yeux, car elle ne se produit pas dès qu'on aveugle l'animal. Ces expériences cependant ne paraissent pas probantes: car des groupes de couleurs pourraient fort bien provoquer les mêmes pigments chromatiques sans que l'animal confonde, en réalité, les couleurs différentes du même groupe. (2)

Plus tard, en 1915, Mlle Goldsmith expérimenta sur divers Poissons, entre autres le *Lepidogaster Bimaculatus*, le *Gobius Minutus* et le *Gastoreus Aculatus*, par la méthode des fonds colorés. Elle remarque que les jeunes Poissons sont bien plus sensibles que les adultes, en général, et que ceux-ci présentent des réactions instables qui disparaissent vite avec l'accoutumance. Les Epinoches se montrent les plus sensibles aux fonds colorés; elles manifestent leur préférence, du plus au moins, comme suit: rouge, vert, jaune et bleu, ordre qui lui paraît caractéristique pour ces poissons, mais caractère qui ne s'étend pas aux autres espèces.

Les *Lepidogaster* manifesteraient une attraction décroissante dans l'ordre suivant: blanc, vert, bleu, vert, jaune, orangé et rouge.

La sensibilité des *Gobius* est moins grande. Les attractions s'exercent dans le même sens que chez les précédents, allant

(1) V. BAUER, *Ueber das Faber. der Fische* (Arch. Phys., 1910).

(2) K. VON FRISCH, *Ueber den Fabensinn des Fische* (1911) et *Ueber färbige Anpassung bei Fischen* (1912).

des rayons les plus réfrangibles aux moins réfrangibles, mais à la lumière blanche avant tout.

Cette attraction des Poissons ne peut s'appeler « tropisme » au sens donné à ce mot par *Loeb*, car il manque les deux conditions fixées par ce savant : en effet les Poissons se massent dans les positions les plus variées et non parallèlement comme dans l'orientation due au tropisme ; d'autre part, l'action sur tous les individus sans exception, réclamée par *Loeb*, ne se réalise pas, car, généralement, on trouve dans la région préférée, la majorité seulement des individus, et non leur totalité. (1)

Dans les expériences que nous avons poursuivies, nous ne sommes pas toujours arrivé aux mêmes résultats que *Mlle Goldsmith* dont nous relèverons quelques erreurs ; mais nous reconnaissons cependant l'exactitude de ces dernières observations, en ce qui concerne le manque de parallélisme et d'uniformité d'orientation. Toutefois, nous devons faire remarquer que l'orientation des positions, sous l'influence de l'excitation lumineuse, est très inégale : elle va d'une diversion très prononcée à un parallélisme très complet. Il en est de même en ce qui concerne la majorité des individus : elle est parfois à peine réalisée ; mais elle passe par tous les degrés jusqu'à atteindre parfois la totalité des individus dans la région préférée. Là, comme partout, il n'y a pas de démarcation tranchée, absolue. Il y a une série de graduations dans les expériences, de sorte que le « tropisme », caractérisé par *Loeb* d'une façon trop catégorique, pourrait bien agir ici comme facteur principal, influencé et désaxé par des facteurs secondaires internes ou externes, éthologiques ou héréditaires. Ce n'est pas la nature elle-même, son irritabilité aux excitations, qui serait coupée par des hiatus ; mais notre langage la couperait par des mots dont le sens est défini d'une façon trop absolue ! L'excitabilité de la matière vivante, moins rigide que les définitions du langage, pourrait fort bien évoluer du tropisme vers le réflexe commun à tous les organismes, mais subissant des variations de grande amplitude, suivant la composition physico-chimique des individus et des espèces, et le degré d'évolution et de concentration de leur système nerveux.

Le sens de l'ouïe, chez les Poissons, présente encore plus

(1) *M^{lle} GOLDSMITH, Thèse de Doctorat, 1915.*

d'incertitude. Il a été, chez eux, moins bien étudié encore, semble-t-il que le sens de la vue, biologiquement. Anatomiquement, on sait que dans la série des Vertébrés, ce sont les Poissons qui présentent l'organe auditif le plus simple. Ici, il n'y a pas d'oreille externe et pas de caisse tympanique. L'utricule est à fleur de peau. Les vibrations sonores, véhiculées par l'eau, frappent directement l'oreille interne. Celle-ci, du reste, est simplifiée : pas de limaçon ; les canaux semi-circulaires existent, mais ils se réduisent à deux chez les Cyclostomes. Chez certains, particulièrement chez les Cyprins, la vésicule auditive se trouve à distance de la peau ; mais elle est par contre en relation indirecte avec la vessie natatoire au moyen d'une chaîne d'osselets, dérivés embryologiquement des quatre premières vertèbres, ce qui ne permet pas de les considérer comme les homologues des osselets des autres vertébrés.

« Le mécanisme de l'audition, dit *Milne Edwards*, est beaucoup plus simple chez les Poissons et chez les autres animaux qui vivent dans l'eau qu'il ne l'est chez les Vertébrés terrestres, et cela s'explique par deux circonstances. Le sens de l'ouïe paraît être beaucoup moins parfait et la transmission des ondes sonores du milieu ambiant beaucoup plus facile que lorsque les vibrations doivent passer de l'air aux parties solides dans lesquelles les nerfs auditifs se trouvent logés... Les Poissons sont dépourvus de la portion cochléenne de l'oreille interne, dont le rôle paraît être des plus importants, chez les Vertébrés, dans l'appréciation des intervalles musicaux et du timbre des sons. Il serait par conséquent intéressant d'examiner si les Poissons sont sensibles au bruit seulement, ou si ces animaux sont capables de distinguer les différences de ton et de timbre ; mais je ne connais aucun fait qui permette de trancher la question (1). »

Milne Edwards pense que l'ouïe des Poissons peut être très développée et que ces animaux « entendent bien », grâce à la facile propagation des sons dans l'eau et malgré leur organe auditif rudimentaire, ordinairement formé d'un simple « labyrinthe membraneux, logé dans l'intérieur de la boîte crânienne. »

Telle est aussi l'opinion de *Paul Regnard*. « Chez les Pois-

(1) *Milne EDWARDS, Leçons sur la Physiologie*, t. XII, p. 70.

sons, dit-il, le sens de l'ouïe s'est particulièrement développé (1). » Cet auteur relève aussi le fait que la vie dans les eaux dispense les Poissons de posséder l'oreille externe et moyenne et que quelques-uns d'entre eux possèdent tout de même des parties accessoires qui servent à augmenter l'intensité des vibrations, telle la vessie natatoire, vraie caisse de résonance.

Pour Rémy Perrier, par contre, « le rôle de l'oreille chez les Poissons est très discuté, et même les recherches sur l'existence de l'ouïe chez ces animaux ont donné lieu à des conclusions contradictoires. Pour beaucoup d'auteurs, dit-il, les Poissons n'entendraient pas et percevraient seulement les ébranlements du sol, c'est-à-dire les vibrations lentes ; l'oreille serait tout entière affectée au sens de l'équilibre (2). »

On voit par ces citations, dans quelles contradictions la science se trouve encore relativement aux réactions visuelles et auditives des Poissons. Elle n'est guère plus avancée, semble-t-il, en ce qui concerne les autres sens. La littérature est du reste très pauvre en ce qui touche à ces derniers : on ne trouve, en somme, que des généralités éparses dans les œuvres scientifiques.

Letourneau, par exemple, tout en estimant que le sens de l'odorat est mieux connu que celui du goût dans la série animale, se contente d'observer que l'organe de l'odorat semble exister chez l'Amphioxus, en dépit de l'absence de cerveau.

« Le lobe olfactif des Poissons, ajoute-t-il, est souvent aussi gros que le lobe cérébral proprement dit. Parfois même il est beaucoup plus gros, et cette conformation est sans doute en rapport avec la difficulté de l'olfaction dans un milieu aquatique (3). »

Dumeril fait observer que l'air atmosphérique est le véhicule par lequel les particules odorantes arrivent en contact avec notre membrane pituitaire et que les naturalistes pensent que l'intervention de ce fluide est toujours nécessaire à l'exercice de cette fonction (4).

(1) Paul REGNARD, *La Vie dans les Eaux*, p. 494.

(2) Remy PERRIER, *Cours élémentaire de Zoologie*, p. 670.

(3) Ch. LETOURNEAU, *La Biologie*, p. 435.

(4) DUMERIL, *Mémoire sur l'odorat des Poissons*, t. XI, p. 472.

Mais l'opinion que l'odorat n'existe pas chez les Poissons ne repose sur aucune base solide d'après *Mine Edwards*. « Souvent on a vu des Requins, dit-il, arriver de loin pour dévorer un cadavre jeté à la mer et d'autres animaux de la même classe manifester de la répugnance pour des aliments odorants. On sait aussi qu'ils possèdent tous un appareil fort semblable à celui au moyen duquel l'odorat s'exerce chez les Vertébrés à respiration aérienne et qu'ils sont pourvus de nerfs analogues aux nerfs olfactifs de ces derniers » (1).

Tel n'est pas l'avis de *Larguier de Bencels*. Tout en morigénant les psychologues de reléguer le sens de l'odorat à un rang inférieur, sens dont l'importance biologique lui paraît considérable, puisqu'il n'y a pas, dans l'ordre des sensations, de monde plus divers que celui des odeurs, cet auteur reconnaît que les Poissons possèdent un organe homologue à celui qui, dans les classes supérieures de l'ordre des Vertébrés, est au service de l'olfaction. « Mais il serait vain, dit-il, de vouloir tirer argument de cette donnée, tant que des expériences décisives n'auront point fait connaître le rôle que les nerfs de la première paire assument chez les animaux exclusivement aquatiques. De telles expériences ont fait défaut jusqu'ici (2). » Négligeant donc les données anatomiques et morphologiques, cet auteur admet, tant qu'on n'aura pas prouvé le contraire, « que l'olfaction ne s'opère pas dans l'eau ».

Pour *Paul Regnard*, au contraire, l'existence du sens de l'odorat chez les Poissons ne fait aucun doute. L'odorat réside chez eux dans deux fossettes garnies d'une membrane pituitaire où le courant d'eau est renouvelé par l'action continuelle de cils vibratils (3).

Hunter pense que l'odorat des Poissons s'exerce au moyen de l'air dissous dans l'eau, comme la respiration (4).

Tréviranus et *Geoffroy Saint-Hilaire* soutiennent une hypothèse analogue (5).

(1) MILNE EDWARDS, *Leçons de Physiologie*, t. XI, p. 472.

(2) LARGIER DES BENCELS, *Le Goût et l'Odorat*, p. 69.

(3) PAUL REGNARD, *La Vie dans les Eaux*, p. 491.

(4) HUNTER, *Catalogue of the phys. series of comp. anat. in the Museum of Coll. of Surgeons*.

(5) TRÉVIRANUS, *Biologie*; GEOFFROY SAINT-HILAIRE, *Structure et usage de l'appareil olfactif chez les Poissons*.

Au fait, depuis Aristote, jusqu'à nos jours, de nombreux auteurs ont admis l'existence de l'odorat chez les Poissons. *Cloquet* cite de nombreux faits à son appui et *Lacépède* pousse même cette reconnaissance jusqu'à l'exagération (1).

Le sens du goût est encore moins étudié que celui de l'odorat. Les auteurs paraissent unanimement le considérer comme fort obtus ou fort rudimentaire chez les Poissons.

« Le sens du goût est très peu développé chez les Poissons, affirme *Milne Edwards*. Ceux-ci avalent gloutonnement leurs aliments et leur langue ne reçoit que peu de filets nerveux (2). »

Pour *Sauvage* et *Kunckel*, le goût chez les Poissons doit être fort peu développé (3).

Letourneau partage la même conception : « La muqueuse buccale des Poissons, dit-il, semble bien mal organisée pour la gustation (4). »

Les mêmes incertitudes règnent aussi en ce qui concerne le tact. Ce que l'on en sait se résume en bien peu de chose.

Pour *Milne Edwards*, la sensibilité tactile des Poissons est souvent très développée dans certaines parties du système tégumentaire, et elle s'exerce parfois à l'aide d'instruments qui sont appropriés d'une manière spéciale à cet usage. En général, ce sont les lèvres ou des appendices cutanés, situés dans le voisinage de la bouche et appelés barbillons qui constituent l'organe du toucher ; mais quelquefois, certaines parties de l'organe locomoteur présentent dans leur structure des dispositions qui les rendent particulièrement aptes à palper les corps avec lesquels ils se trouvent en contact. (5)

Pour *Sauvage* et *Kunckel*, par la nature même de leurs téguments, le tact des Poissons est fort obtus. Ce n'est guère qu'au moyen des lèvres qu'ils peuvent exercer le sens du toucher ; chez certains d'entre eux existent, sur la tête ou sur différentes parties du corps, des appendices qui servent au tact, comme des barbillons, des filaments et des doigts. (6).

(1) H. CLOQUET, *Dictionnaire des Sciences* ; LACÉPÈDE, *Histoire Naturelle des Poissons*, t. I, p. 67.

(2) MILNE EDWARDS, *Leçons sur la Physiologie*, t. XI, p. 451.

(3) SAUVAGE et KUNCKEL, *Les Poissons*.

(4) CH. LETOURNEAU, *La Biologie*, p. 432.

(5) MILNE EDWARDS, *Leçons sur la Physiologie*, t. XI, p. 430.

(6) SAUVAGE et KUNCKEL, *Les Poissons*, p. 25-26.

Ces considérations d'ordre général résument à peu près les connaissances que l'on possède sur la Biologie des organes des sens chez les Poissons. Ce sont des observations disparates et plutôt vagues, des opinions souvent transmises d'un auteur à l'autre, plus que des notions positives, basées sur une connaissance expérimentale.

Il resterait à parler d'un organe dont les fonctions ont été fort discutées, que l'on rencontre chez un grand nombre d'entre eux et qui relève évidemment du sens du tact par sa constitution anatomique et histologique. Nous voulons parler de la « ligne latérale » des Téléostéens, dont le rôle biologique n'est pas encore, semble-t-il, complètement éclairci ! Vu son importance spéciale et le grand nombre d'expériences que nous lui avons consacrées, la « ligne latérale » fera l'objet de la deuxième partie de ce travail.

Cette première partie est donc consacrée aux expériences que nous avons entreprises et aux observations que nous avons faites sur les réactions des cinq sens classiques chez les Poissons, observations et expériences dont nous allons maintenant nous occuper.

Avons-nous apporté quelque lumière dans ce domaine assez obscur ? Il ne nous appartient pas de le déclarer. Mais nous pouvons affirmer que nous ne nous sommes jamais départi d'une stricte objectivité dans nos recherches, et que nous avons relevé scrupuleusement les faits constatés.

CHAPITRE PREMIER

Réactions Visuelles.

I. — *Fonds colorés.*

Voici tout d'abord notre manière de procéder pour expérimenter l'action des fonds colorés !

Sous des cristallisoirs suffisamment grands et suffisamment remplis d'eau, on place des feuilles de papier de couleur. Si on ne veut essayer que deux feuilles à la fois, on en place une sous la moitié droite, et l'autre sous la moitié gauche, de façon que leur ligne de séparation corresponde au diamètre du vase. Puis, lorsque l'expérience a donné ses résultats, pour la contrôler, on interchange les feuilles, portant celle de droite à gauche, et *vice versa*. Il faut se placer devant la fenêtre de telle manière que la lumière du jour soit répartie très exactement, en quantité égale, sur les deux côtés du vase, pour que l'inégalité des rayons lumineux ne soit pas un facteur de perturbation et ne fausse pas les résultats.

Nous avons souvent aussi contrôlé les données ainsi obtenues, en plaçant ensuite les feuilles colorées de façon que leur ligne de séparation, au lieu d'être perpendiculaire au plan de la fenêtre, lui fût parallèle, c'est-à-dire qu'une feuille fût de notre côté alors que la seconde se trouvait du côté de la fenêtre, vers le mur. Mais ici, il y a évidemment une grande inégalité dans la répartition des rayons lumineux. Le mur, étant d'une certaine hauteur au-dessus de notre table, projetait plus d'ombre sur la moitié du cristallisoir qui le voisinait. Et comme nos Poissons marquaient toujours une forte tendance pour la partie la moins éclairée, ils s'orientaient et se groupaient vers le rebord de la fenêtre, plus ou moins vite, il est vrai, suivant la couleur du fond ; mais ce fait masque la réaction provoquée par la coloration du fond : il faut en tenir compte dans l'appréciation du résultat et ne regarder celui-ci, en ce cas, que comme une simple indication.

Une fois donc l'appareil en état, on introduit les Poissons dans le vase. Après un instant d'agitation, provenant du transvasement, les animaux agissent comme s'ils s'orientaient, comme s'ils examinaient leur nouveau local; ils vont, viennent, montent, descendent près des bords ; puis ils marquent plus ou moins leur préférence, ou mieux leur attirance ou leur répulsion pour les couleurs du fond. Enfin, si on les laisse séjourner suffisamment longtemps, — temps du reste très variable suivant les espèces et suivant les colorations — l'accoutumance finit par s'établir et les animaux ne marquent plus, dès lors, qu'une attirance pour l'obscurité qui est généralement observée !

En somme, après être remis de la désorientation causée par leur brusque introduction, les Poissons explorent les bords du vase, puis se calment et finissent par stationner plus ou moins longtemps, et plus ou moins nombreux, sur la couleur préférée. Nous avons compté chaque fois, en de nombreuses expériences, le nombre des individus arrêtés le plus longtemps sur les divers fonds colorés, et, de là, nous avons naturellement conclu à leur préférence, ou à la réaction positive ou négative de la coloration, qui ne nous paraissait pas douteuse.

Toutefois, on ne tarde pas à remarquer que les différentes espèces ne réagissent pas de la même façon, ni avec la même intensité. Les Epinoches (*Gasterosteus Aculeatus*. L.) nous ont paru toujours très sensibles aux différentes couleurs ; les Cyprins (*Carassius auratus*. L.) beaucoup moins; les Tanches (*Tinca Vulgaris*. L.) sont restées à peu près indifférentes.

Il y a aussi des différences individuelles considérables. Ainsi, par exemple, une Epinoche très sauvage, vivant seule à cause de son irritabilité extrême, ne s'est jamais habituée à la couleur rouge pendant les quatre mois que nous l'avons gardée. Elle fuyait de même le violet, quoique moins violemment, alors qu'en général les Epinoches recherchent, comme nous le verrons, le rouge et le violet. Une Perche s'est montrée désespérément immobile, indifférente à toutes les couleurs, et nous n'avons jamais pu remarquer chez elle la moindre attraction, ni la moindre répulsion, tant qu'elle a séjourné dans le cristalliseur, à la température du laboratoire.

Mais quel que soit le degré de réaction, l'accoutumance finit

par s'établir, plus ou moins rapidement du reste, sauf pour les couleurs extrêmes comme le blanc et le noir, le blanc et le rouge, le blanc et le violet foncé : là, il faut beaucoup plus de temps pour l'établissement de l'habitude ; les Poissons vont toujours aux couleurs les plus foncées, que ce soit le rouge ou le violet. Nous n'avons pas, quant à nous, observé la différence marquée, signalée par Goldsmith dans sa thèse, pour la plus ou moins grande réfringence des rayons lumineux.

EXPÉRIENCE I. — Sous le cristallisoir, il y a deux feuilles de papier coloré, une blanche à gauche et une verte à droite. Les deux sont séparées par une plaque de verre perpendiculaire au fond du vase et au plan de la fenêtre. Du côté le plus éloigné de celle-ci, il y a un passage libre. Un lot de douze Epinoches est placé dans la partie gauche, c'est-à-dire sur le fond blanc.

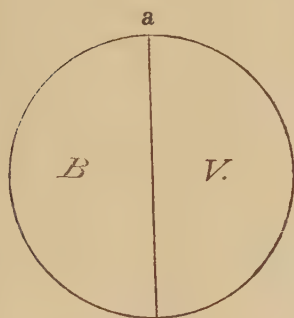


Fig. 1

B = Blanc.
V = Vert.

Que se passe-t-il ? Presque toutes se pressent vers l'angle *a*, le moins éclairé ; elles paraissent y chercher une issue ; mais ne la trouvant pas, malgré leurs efforts, elles semblent la rechercher le long de la paroi de séparation, pour passer sur le vert ; en douze minutes, dix d'entre elles ont découvert le passage, à l'extrémité opposée du diamètre, et elles l'ont franchi pour se rendre sur le vert. Deux seules n'ont pas réussi à trouver le détroit ; elles se sont obstinées à se heurter contre la séparation vers l'angle *a*, et lassées de leurs vains efforts, elles ont fin par s'y stabiliser. Au bout de 25-30 minutes, quelques-unes reviennent du vert sur le blanc, mais elles n'y séjournent pas ; elles rentrent bientôt sur la couleur verte.

EXPÉRIENCE 2. — Le cristallisoir est recouvert, sur ses parois extérieures et sur son fond, où elles finissent en angle aigu au centre, par les six couleurs suivantes : rouge, orange, jaune, vert, bleu et violet. Un lot de dix Epinoches y est introduit. Elles paraissent d'abord fort étonnées, désorientées par cette diversité de couleurs. Contrairement à leur constante habitude,

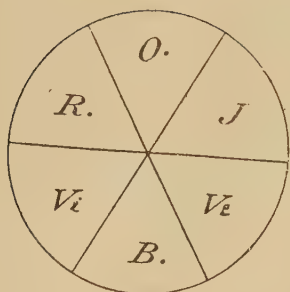


Fig. 2

R = Rouge. Ve = Vert.
O = Orange. B = Bleu.
J = Jaune. Vi = Violet.

elles n'opèrent d'abord aucune reconnaissance des bords du vase, dont elles restent écartées, tournées en tous sens. Enfin, elles se mettent en mouvement; elles opèrent une reconnaissance à distance; puis, peu à peu, elles se rapprochent des bords du vase et commencent leur exploration coutumière. Alors les différentes couleurs sont placées successivement sur la ligne médiane, du côté du mur, c'est-à-dire du côté le moins éclairé où les animaux se tiennent de préférence.

Voici les résultats observés :

Violet : Toutes les Epinoches se tiennent groupées sur cette teinte ;

Bleu : Toutes s'y tiennent groupées, avec quelques excursions sur le violet ;

Vert : Le groupement est compact ; excursions fréquentes sur le bleu voisin ;

Jaune : Le groupement est très lâche, difficile, instable ; excursions continuelles sur le vert et surtout sur l'orange voisins ;

Orange : Groupement facile, mais compact vers le rouge ;

Rouge : Groupement immédiat, serré, stable ; l'un ou l'autre individu excursionne sur le violet.

D'une façon générale, cette expérience, plusieurs fois répétée prouve :

a) Que les Epinoches se tiennent du côté le moins éclairé du vase ;

b) Qu'elles ont la répulsion pour le jaune, la couleur la plus claire, et qu'elles éprouvent de l'attraction pour les couleurs les plus foncées, surtout pour le rouge et le violet.

Les résultats de ces expériences ne sont pas conformes à ceux obtenus par Mlle Goldsmith, qui range les préférences des Epinoches comme suit : rouge, vert, jaune, et, en dernier rang, le bleu, ordre qu'elle estime « caractéristique » pour ces Poissons.

EXPÉRIENCE 3. — Comme les Epinoches se portent sur les couleurs foncées, il s'agit de savoir si elles reconnaissent la différence du rouge foncé et du noir, comme celle du noir et du violet foncé. Placé dans des cristallisoirs reposant sur ces couleurs, elles se sont constamment portées sur le noir.

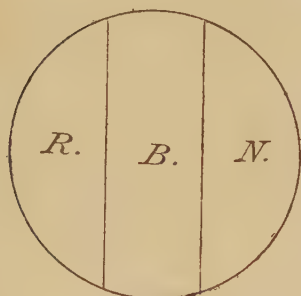


Fig. 3

N = Noir.
B = Blanc.
R = Rouge.

Ces expériences ont été contrôlées et diversifiées de la manière suivante : trois bandes de papier sont placées sous le cristallisoir, une noire à droite, une blanche au milieu, une rouge à gauche. Introduites dans le vase, toutes les Epinoches se portent sur le noir. Au bout de quelques

minutes, quelques-unes traversent rapidement la région blanche, excursionnent un instant sur le rouge, et finissent par rentrer sur le noir.

Cette expérience paraît démontrer :

- a) Que les Epinoches préfèrent la couleur noire ;
- b) Qu'elles distinguent très bien le noir du rouge ;
- c) Qu'elles franchissent les lignes de séparation de couleurs sans aucune hésitation, contrairement aux affirmations de Mlle Goldsmith.

Avec un fond bleu, jaune et rouge, les Epinoches se groupent sur le bleu ; elles excursionnent sur le rouge en franchissant le jaune qu'elles évitent. Après un quart d'heure environ, l'accoutumance s'établit ; elles passent alors d'une couleur à l'autre avec indifférence.

En de nombreuses expériences, nous avons contrôlé les réactions produites par les fonds colorés sur les Epinoches et sur les Cyprins, petits animaux faciles à observer dans un laboratoire. Les tableaux comparatifs suivants sont, en quelque sorte, le résumé de ces expériences que nous n'avons pu poursuivre sur d'autres espèces, ce qui, sans doute, eût été très intéressant comme résultat.

Etablis sur des moyennes, ces tableaux et ce graphique ne sont évidemment que des indications ; ils n'en démontrent pas moins l'influence des excitations visuelles sur le comportement de ces animaux.

TABLEAU

INDIQUANT L'ATTIRANCE DES EPINOCHES POUR LES COULEURS SUIVANTES

	Violet	Bleu	Vert	Jaune	Orangé	Rouge	Noir	Blanc	
Violet		1/9	2/8	3/7	0/10	6/4	5/5	2/8	19/51
Bleu	9/1		6/4	3/7	3/7	6/4	9/1	2/8	38/32
Vert	7/3	4/6		0/10	7/3	7/3	8/2	0/10	33/37
Jaune	7/3	7/3	10/0		8/2	10/0	10/0	0/10	52/18
Orangé	9/1	7/3	3/7	0/10		10/0	9/1	1/9	39/31
Rouge	7/3	5/5	3/7	0/10	0/10		7/3	2/8	24/46
Noir	5/5	1/9	2/8	0/10	1/9	3/7		0/10	12/58
Blanc	8/2	8/2	10/0	10/0	9/1	8/2	10/0		63/7
	52/18	33/37	36/34	16/54	28/42	50/20	58/12	7/63	

Si maintenant nous additionnons les numérateurs de chaque colonne verticale avec tous les dénominateurs de chaque colonne horizontale, pour chaque couleur figurant au tableau et que nous divisons le total obtenu par le chiffre 2, indiquant deux expériences, nous aurons un chiffre moyen, correspondant à la réaction de l'animal à chaque excitant optique, soit à chaque couleur. Ainsi nous obtenons le résultat suivant :

$$\begin{aligned}
 \text{Violet} & 51 + 52 = 103 : 2 = 51,5 \\
 \text{Bleu} & 32 + 33 = 65 : 2 = 32,5 \\
 \text{Vert} & 36 + 37 = 73 : 2 = 36,5 \\
 \text{Jaune} & 16 + 18 = 34 : 2 = 17
 \end{aligned}$$

Orangé $28 + 31 = 59 : 2 = 29,5$
 Rouge $50 + 46 = 96 : 2 = 48$
 Noir $58 + 58 = 116 : 2 = 58$
 Blanc $7 + 7 = 14 : 2 = 7$

Au premier coup d'œil, on le voit, l'attraction ou la répulsion de ces différentes couleurs saute aux yeux ; de sorte que l'on peut les classer immédiatement, par exemple, par ordre de décroissance comme suit :

Noir	= 58	Vert	= 36,5	Jaune	= 17
Violet	= 51,5	Bleu	= 32,5	Blanc	= 7
Rouge	= 48	Orangé	= 29,5		

TABLEAU

INDIQUANT L'ATTRACTION DES CYPRINS DORÉS POUR LES COULEURS SUIVANTES

	Violet	Bleu	Vert	Jaune	Orangé	Rouge	Noir	Blanc	
Violet		9/9	8/10	10/8	9/9	9/9	12/6	12/6	69/57
Bleu	10/8		8/10	8/10	9/9	5/13	12/6	9/9	61/65
Vert	9/9	7/11		10/8	6/12	10/8	11/7	10/8	63/63
Jaune	9/9	10/8	9/9		8/10	9/9	6/12	10/8	61/65
Orangé	8/10	11/7	8/10	9/9		9/9	8/10	10/8	63/63
Rouge	11/7	10/8	7/11	10/8	11/7		12/6	12/6	73/53
Noir	11/7	9/9	7/11	6/12	8/10	7/11		8/10	56/70
Blanc	12/6	10/8	11/7	9/9	7/11	11/7	9/9		69/57
	70/56	66/60	58/68	62/64	58/68	60/66	70/56	71/55	

Si nous procédons au même calcul que pour les Epinoches en tenant compte que, pour celles-ci, il s'agit seulement de deux expériences, alors que pour les Cyprins il s'agit de trois doubles expériences, nous avons les chiffres suivants comme indication des réactions :

Violet	$70 + 57 = 127 : 6 = 21,15$
Bleu	$66 + 65 = 131 : 6 = 21,75$
Vert	$58 + 63 = 121 : 6 = 20,15$
Jaune	$62 + 65 = 127 : 6 = 21,15$
Orangé	$58 + 62 = 121 : 6 = 20,15$
Rouge	$60 + 53 = 117 : 6 = 19,5$
Noir	$70 + 70 = 140 : 6 = 23,35$
Blanc	$71 + 57 = 128 : 6 = 21,35$

A la première inspection, on s'aperçoit que les réactions sont ici beaucoup moins prononcées, c'est-à-dire que les mouvements des Cyprins présentent des oscillations moins brusques et de bien moindre amplitude que ceux des Epinoches. Leur ordre de décroissance est le suivant :

Noir	23,35	Jaune	21,15	Orangé	20,15
Bleu	21,85	Violet	21,15	Rouge	19,5
Blanc	21,35	Vert	20,15		

Si nous comparons les résultats obtenus, nous voyons immédiatement que les réactions aux excitations visuelles, chez ces animaux, n'obéissent pas aux mêmes lois et que les mêmes couleurs, comme excitants optiques, doivent se classer bien différemment. On obtient en effet,

Pour les Epinoches :

Noir
Violet
Rouge
Vert
Bleu
Orangé
Jaune
Blanc

Pour les Cyprins :

Noir
Bleu
Blanc
{ Jaune
{ Violet
{ Vert
{ Orangé
Rouge

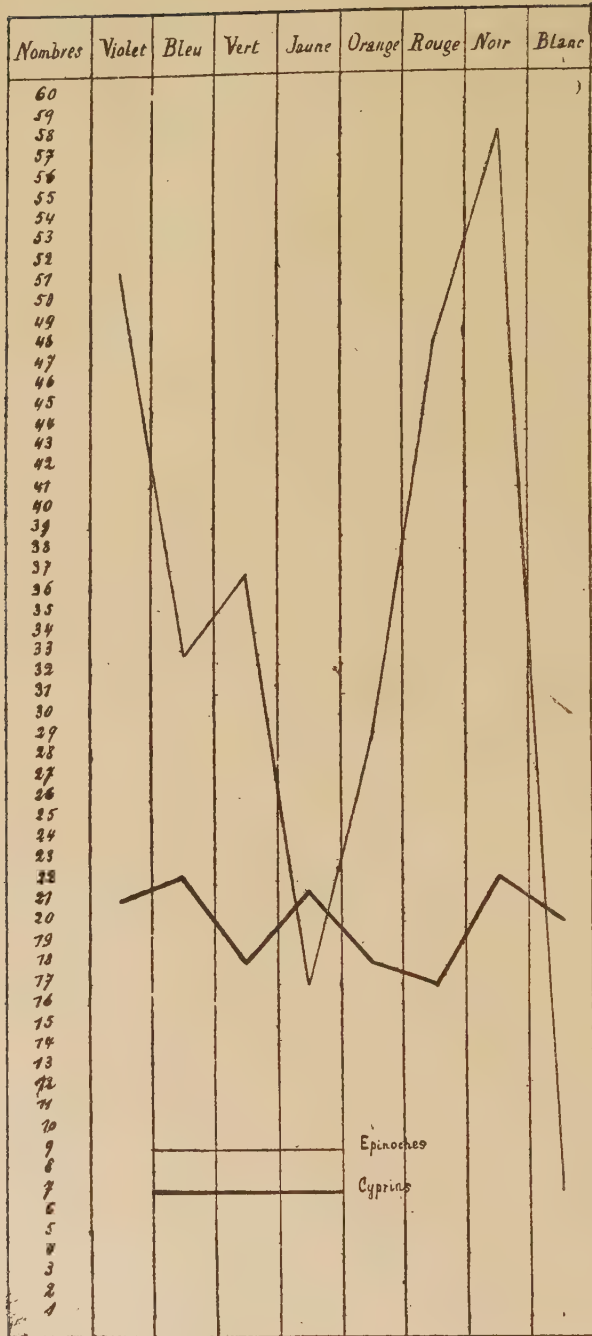
On ne peut donc, on le voit, parler ici d'une plus grande sensibilité des Poissons pour les rayons les plus réfrangibles, comme le fait Mlle Goldsmith dans sa thèse, au sujet des *Lepadogaster* et des *Gobius*, que nous n'avons pas expérimentés.

Tout au plus nous voyons une attirance commune, évidente, des Epinoches et des Cyprins pour le noir, soit pour l'obscurité ; une répulsion évidente des Epinoches pour le blanc et des Cyprins pour le rouge, auxquels le blanc ne répugne pas, puisqu'il arrive chez eux en troisième rang.

Comment expliquer ces différentes spécificités de comportement ? Evidemment, l'action des fonds colorés n'entre pas seule dans ces réactions ; il y a d'autres facteurs. Il faut tenir compte non seulement de l'excitant physique extérieur, mais de la composition chimique fort complexe de l'organisme lui-même, variable suivant les espèces et même, dans chaque espèce, suivant les individus. Que sont, en effet, ces individus et ces agglomérations d'individus semblables, que nous comprenons sous le mot « espèce », sinon des morcellements de matière vivante toujours instable, des sommations extrêmement complexes de réactions internes et de vibrations extérieures, au moment même où nous les examinons ? Envisagés sous cet angle biologique, physico-chimique, pas un seul individu ne ressemble absolument à un autre individu ; pas une seule espèce quelconque ne peut ressembler absolument à une autre espèce. Bien plus, l'individu et l'espèce sont en perpétuel mouvement, en perpétuel équilibre instable avec le milieu ; ils subissent les effets d'innombrables facteurs entrecroisés, en tous sens, et ils ne sont jamais, à aucun moment de leur durée, exactement, absolument semblables à eux-mêmes. De là résultent les comportements variés et variables que nous observons chez eux, individuellement et spécifiquement.

Pour donner une idée des différences d'amplitude des oscillations, dues aux excitations des fonds colorés, comparons celles des deux espèces examinées, relevées dans le graphique suivant :

On voit clairement, par le simple aspect de ce dernier graphique, que si les Poissons sont sensibles aux excitations des fonds colorés, ils le sont à des degrés bien divers et qu'ils réagissent, dans leur ensemble, bien différemment aux diverses couleurs. Les Cyprins sont à peine sensibles, alors que les Epinoches



éprouvent des bonds oscillatoires considérables, dans les expériences exécutées à la température du laboratoire.

Toutefois, il faut bien noter qu'il s'agit ici d'approximation et non pas de données absolues, que ne comportent pas les expériences biologiques. Il ne faut jamais oublier que les êtres vivants sont mouvants, instables, soumis à de multiples influences physiologiques et ethologiques dont beaucoup sont très difficiles à contrôler, quand elles n'échappent pas à notre observation. Il s'agit donc de tirer de tout cela des indications d'ensemble, une moyenne, correspondant vaguement à la diagonale des forces en mécanique, pour se rapprocher le plus près possible de la vérité scientifique.

C'est dans ce sens que nos tableaux et notre graphique synthétisent les réactions des Poissons aux excitations colorées. Ils n'en marquent pas moins, d'une façon caractéristique et positive, leur grande différence de comportement. Quelle distance, par exemple, entre l'apathie des Cyprins et la vivacité des Epinoches ! entre la répulsion de celles-ci pour le blanc et le jaune et la visible attirance de ces couleurs sur les Cyprins.

Il faut remarquer cependant que la température joue un rôle dans ces comportements ; qu'il y a un maximum et un minimum au-delà duquel les animaux ne réagissent plus normalement ; qu'il y a aussi un degré optimum différent pour chaque espèce : nous l'avons observé à plus d'une occasion. Il y a là un champ de recherches que nous n'avons pas pu explorer, mais qu'il est bon de signaler en passant.

D'autre part, il faut aussi ne point oublier que les réactions diminuent d'intensité, jusqu'à disparaître totalement, à proportion de la multiplication des expériences : plus celles-ci se répètent et plus elles sont rapprochées, moins les animaux réagissent ; c'est là un résultat de l'accoutumance, comme de la fatigue, dont il faut constamment tenir compte.

Les réactions se produisent du reste chez tous les individus, à des degrés divers naturellement. D'après nos expériences, nous ne pourrions souscrire à l'affirmation trop catégorique de Mlle Goldsmith que, sur un lot de dix individus, deux ou trois seulement réagissent (1). A notre connaissance, c'est là une grosse erreur. Erreur aussi, soit dit en passant, l'affirmation du même

(1) M^{lle} GOLDSMITH, *Thèse de Doctorat*.

auteur qu'une Epinoche isolée dépérit rapidement. Une Epinoche mise complètement à l'écart, à cause de sa méchanceté, a vécu sous nos yeux plus de quatre mois et encore n'est-elle morte que par suite d'une intoxication par la cocaïne, dans une expérience de laboratoire.

Une autre, capturée très jeune, au commencement de novembre, laissée seule dans un cristalliseur, où elle a continué à dévorer des vers avec appétit, et où sa croissance s'est faite normalement, se trouvait encore en pleine vitalité lors de notre départ en vacances, à la fin de juillet. Elle a donc vécu pendant neuf mois, en bonne santé, son existence absolument solitaire.

II. — *Lumières colorées.*

Les expériences précédentes démontrent l'influence des fonds colorés comme excitants visuels. Les expériences suivantes sont destinées à étudier les réactions des Poissons aux lumières colorées. A défaut des rayons du spectre qui auraient donné, sans doute, des résultats plus précis, nous nous sommes servi simplement de lampes électriques de cinquante bougies, colorées au moyen de vernis appliqués sur leur surface extérieure.

Les Poissons sont introduits dans un petit aquarium, transformé en labyrinthe au moyen de plaques rectangulaires en verre, comme l'indique la figure ci-contre. Après un instant d'a-

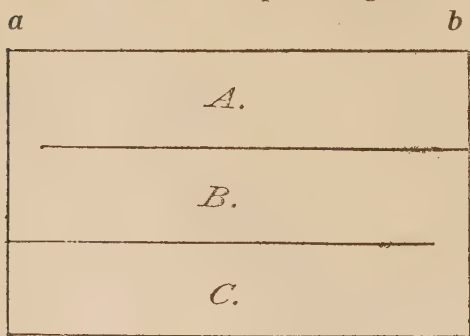


Fig. 4

gitation causée par leur introduction, ils se groupent contre le paroi *ab*, à peu près dans son milieu, selon leur habitude, cette paroi étant la moins éclairée. Extérieurement, un support est disposé de façon à pouvoir y appliquer et changer facilement les lampes qui touchent presque à la paroi, sans déranger l'aquarium. Dès que le tout est en place, on établit le contact ; la lampe allumée projette sa

lumière colorée sur le groupe des animaux, dont on n'a plus qu'à noter le comportement pour chaque couleur.

Naturellement, après avoir terminé une expérience avec une lampe colorée, il faut avoir bien soin de laisser tous les individus se regrouper complètement contre la paroi *ab*, avant de recommencer une autre expérience avec une nouvelle lampe.

On comprend donc que les Poissons, d'abord agglomérés en A, éprouvent une surprise dès qu'ils sont éclairés, et que, après une agitation plus ou moins vive, ils passent aussi plus ou moins rapidement et plus ou moins complètement d'abord en B, puis dans le compartiment C, selon l'intensité de leur réaction aux rayons lumineux projetés sur eux. Venons-en maintenant aux expériences :

Les Epinoches !

EXPÉRIENCE 1. — 8 Epinoches :

Lumière électrique blanche : grande agitation de prime abord ; toutes passent de A en C en 7 minutes. La lampe éteinte, le calme devient complet et le groupement se refait contre la paroi la moins éclairée, soit vers le mur ou le rebord de la fenêtre.

L'expérience est renouvelée : en 15 minutes, 5 passent en C ; mais 3 restent en A, tournant la queue à la lumière ! La surprise est sans doute diminuée.

EXPÉRIENCE 2. — 8 Epinoches :

Lampe violette : mouvements de curiosité vers la lumière, puis elles se dirigent vers la plaque de séparation et vers le passage ; en 15 minutes, 4 sont en A et 4 en B, le dos tourné à la lumière !

Lampe bleue : mouvements de fuite plus prononcés ; en 15 minutes, 2 sont en A, 4 en B et 2 en C.

Lampe verte : toutes les Epinoches se pressent contre la séparation ; en 2 minutes, 2 sont en A, 4 en B, 2 en C. En 10 minutes le premier compartiment est vide ; 2 sont en B et 6 en C.

Lampe jaune : mouvements vifs et agitation ; en 2 minutes, 5 sont en A, 3 en B ; en 5 minutes, 2 en A, 6 en B ; en 10 minutes, 1 en A, 6 en B, 1 en C.

Lampe rouge : mouvements vifs ; en 2 minutes, 2 sont en A, 6 en B ; en 5 minutes, 1 est en A, 5 en B, 2 en C ; en 10 minutes, 1 est en A, 3 en B, 4 en C.

Il est très curieux de suivre le comportement des Epinoches éclairées subitement par les lampes électriques diversement colorées, sauf pour les rayons blancs et jaunes qu'elles fuient de prime abord. Elles ont parfois des mouvements de curiosité, mais elles quittent bientôt les abords de la lampe, elles s'en vont, reviennent pour s'en aller de nouveau plus loin, fuyant toujours les rayons lumineux. Un gros individu, plus lourd que les autres, a mis dans sa lenteur 20 minutes à quitter le compartiment A que les autres ont abandonné en 5 minutes seulement.

A ma grande surprise, les Epinoches s'écartent aussi de la lumière rouge, alors que le fond coloré en rouge ne les écarte pas sensiblement ? Mais il faut remarquer que ces deux rouges ne sont pas identiques : celui de la lampe est « coquelicot », alors que celui du papier est « écarlate ». Peut-être est-ce là la raison de cette différence de comportement ?

Il faut aussi observer, une fois pour toutes, que la lampe jaune n'est que de 25 bougies, alors que toutes les autres sont de 50 bougies. Il paraît évident qu'à égale intensité, la lampe jaune aurait produit une répulsion beaucoup plus marquée encore !

EXPÉRIENCE 3. — 8 Epinoches :

	A	B	C
<i>Lampe violette :</i>			
1 minute.....	2	5	1
2 minutes.....	2	4	2
5 minutes.....	1	4	3
<i>Lampe bleue :</i>			
1 minute.....	2	5	1
2 minutes.....	2	3	3
5 minutes.....	1	3	4
<i>Lampe verte :</i>			
1 minute.....	3	5	0
2 minutes.....	3	5	0
5 minutes.....	2	1	5
<i>Lampe jaune :</i>			
1 minute.....	5	3	0
2 minutes.....	3	5	0
5 minutes.....	1	2	5

	A	B	C
<i>Lampe rouge :</i>	→		
1 minute.....	2	6	0
2 minutes.....	0	6	2
5 minutes.....	0	3	5

On voit clairement, par ces résultats, que les Epinoches réagissent vivement et à différents degrés aux lumières colorées ! Il faut tenir compte, dans cette expérience, que nous l'avons commencée, non par la lampe violette comme nous le notons conformément à l'ordre adopté, mais par le rouge, de sorte que celui-ci a peut-être produit un effet supérieur à la moyenne normale, à cause de la surprise ; tandis que l'accoutumance s'est établie déjà, en quelque sorte, pour les autres.

EXPÉRIENCE 4. — 8 Epinoches, toujours les mêmes.

	A	B	C
<i>Lampe violette :</i>	→		
1 minute.....	6	2	0
2 minutes.....	6	2	0
5 minutes.....	6	2	0

<i>Lampe bleue :</i>			
1 minute.....	8	0	0
2 minutes.....	7	1	0
5 minutes.....	8	0	0

<i>Lampe verte :</i>			
1 minute.....	8	0	0
2 minutes.....	8	0	0
5 minutes.....	8	0	0

<i>Lampe jaune :</i>			
1 minute.....	8	0	0
2 minutes.....	8	0	0
5 minutes.....	8	0	0

<i>Lampe rouge :</i>			
1 minute.....	8	0	0
2 minutes.....	8	0	0
5 minutes.....	7	1	0

Comme on le voit, les Epinoches ne réagissent plus : elles restent calmes dans la profondeur du compartiment A, se

contentant, au lieu de fuir, de tourner le dos aux rayons lumineux et de se retourner simplement vers le passage, sans le franchir. Pourquoi cette différence de comportement ? — Accoutumance peut-être ? La fatigue, en tout cas, paraît évidente, car ces animaux ont servi à toutes les expériences précédentes ! Il faut donc leur laisser deux jours de repos.

EXPÉRIENCE 4. — Contrairement aux précédentes, cette expérience est faite la nuit, dans la plus complète obscurité, toutes les autres conditions restant les mêmes. Les 8 Epinoches avaient joui de deux jours de repos. Mais pour abrégér, nous n'avons noté les résultats qu'une seule fois, au bout de 5 minutes seulement :

	A	B	C
<i>Lampe violette</i>	2	2	4
— <i>bleue</i>	2	3	3
— <i>verte</i>	1	3	4
— <i>jaune</i>	0	4	4
— <i>rouge</i>	1	3	4
— <i>électrique</i>	3	3	2

On remarque à première vue, que c'est la lampe jaune, pourtant la moins forte (25 B.), qui produit la plus grande répulsion, alors que la lumière électrique, qui se rapproche le plus de la lumière du jour, est celle qui repousse le moins.

Expérimentées à nouveau le lendemain, ces Epinoches ne réagirent plus du tout : elles étaient sans doute épuisées ; il fallut les laisser de côté.

EXPÉRIENCE 5. — Voici un lot nouveau d'Epinoches de 12 individus. Le temps d'observation est cette fois considérablement raccourci : 3 minutes seulement y sont consacrées. Les résultats obtenus n'en sont pas moins significatifs :

<i>Lampe violette</i> :	A	B	C
1 minute.....	11	1	0
2 minutes.....	11	0	1
3 minutes.....	9	2	1
Total.....	31	3	2

	A	B	C
<i>Lampe bleue :</i>			
1 minute.....	10	2	0
2 minutes.....	10	2	0
3 minutes.....	12	0	0
Total.....	32	4	0

<i>Lampe verte :</i>			
1 minute.....	11	1	0
2 minutes.....	12	0	0
3 minutes.....	10	1	1
Total.....	33	2	1

<i>Lampe jaune :</i>			
1 minute.....	7	3	2
2 minutes.....	5	4	3
3 minutes.....	5	4	3
Total.....	17	11	8

<i>Lampe rouge :</i>			
1 minute.....	11	1	0
2 minutes.....	9	2	1
3 minutes.....	8	2	2
Total.....	28	5	3

<i>Lampe électrique :</i>			
1 minute.....	6	1	5
2 minutes.....	6	3	3
3 minutes.....	0	2	10
Total.....	12	6	18

Phénomène frappant à observer : alors que, en pleine obscurité de la nuit, c'est la lumière électrique qui repousse le moins les animaux ; en plein jour, c'est elle qui les repousse le plus fort ! Il est vrai que ses vibrations sont augmentées des vibrations réfractées de la lumière solaire, ce qui en augmente considéra-

blement l'intensité : cela explique très probablement cette répulsion particulièrement intense. Mais alors, comment expliquer que la lumière solaire surajoutée à celle des autres lampes colorées ne produise pas les mêmes effets ? Y aurait-il peut-être des faits d'interférence qui interviendraient ici comme facteurs de cette différence dans les résultats ?

Quoi qu'il en soit, toutes ces expériences démontrent à n'en pas douter, la sensibilité des Epinoches à l'action des rayons lumineux et leur réaction bien différente aux diverses colorations. La tendance à fuir la lumière est évidente ; mais son intensité dépend du genre de couleur, de l'état de luminosité de l'ambiance, de la fatigue et de la nature même des individus. Peut-être d'autres facteurs encore entrent-ils dans ce comportement ?

EXPÉRIENCE 6. — Une seconde et dernière expérience est exécutée sur ce lot de 12 Epinoches. Une modification, remarquons-le, a été apportée dans la disposition du labyrinthe : les parois de séparation ont été rapprochées considérablement, de façon à rendre le couloir B plus étroit et plus difficile à franchir.

	A	B	C
<i>Lampe violette :</i>			
1 minute.....	11	1	0
2 minutes.....	11	0	1
3 minutes.....	9	2	1
Total.....	31	3	2
<i>Lampe bleue :</i>			
1 minute.....	10	2	0
2 minutes.....	10	2	0
3 minutes.....	12	0	0
Total.....	32	4	0
<i>Lampe verte :</i>			
1 minute.....	11	1	0
2 minutes.....	12	0	0
3 minutes.....	10	1	1
Total.....	33	2	1

<i>Lampe jaune :</i>	A	B	C
1 minute.....	7	3	2
2 minutes.....	5	4	3
3 minutes.....	5	4	3
Total.....	17	11	8

<i>Lampe rouge :</i>			
1 minute.....	11	1	0
2 minutes.....	9	2	1
3 minutes.....	8	2	2
Total.....	28	5	3

<i>Lampe électrique :</i>			
1 minute.....	6	1	5
2 minutes.....	7	3	2
3 minutes.....	0	2	10
Total.....	13	6	17

Les résultats de ces deux dernières expériences, à 24 heures de distance, sont frappants, surtout par ce fait qu'ils sont absolument identiques, à 1 unité près. On les dirait calqués l'un sur l'autre, tant ils se ressemblent ! Les conditions de l'opération étaient, autant du moins qu'on pouvait en juger, identiques aussi ; les animaux n'étaient pas surmenés et ils étaient bien nourris.

Quelle preuve plus évidente que, dans des conditions parfaitement égales, les organismes réagissent de la même façon aux excitations extérieures !

Mais il faut reconnaître que cet équilibre des conditions est très instable, qu'il se réalise même rarement et difficilement dans la pratique. Cette instabilité des conditions internes et externes explique la variation, parfois très grande, des résultats, d'où l'obligation pour le biologiste de s'en tenir à des moyennes dans ses conclusions. Il n'en résulte pas moins que le comportement des organismes obéit à des lois, dont la rigueur est à la merci d'une complexité, constamment variable, de facteurs divers, toujours multiples et mouvants.

Fait à remarquer, le rétrécissement du couloir central n'a pas eu d'influence sur le comportement des animaux. En effet, d'après toutes nos expériences antérieures, ce rétrécissement eût dû produire de l'hésitation et, par suite, un certain retard. Mais il est probable que ce retard réel a été compensé par une accélération de vitesse qui, d'autre part, se produit toujours au second exercice dans un passage connu, de sorte que ces deux facteurs — par un heureux hasard — se sont rencontrés ici en même temps et se sont presque exactement compensés, puisque, sauf 1 unité, les résultats sont parfaitement identiques.

Ce que l'on observe surtout, dans ces comportements, c'est la répulsion évidente que provoquent les lumières blanche et jaune, répulsion bien moins marquée par le vert, le bleu et le violet. L'ordre de décroissance ne correspond pas à celui que nous avons constaté en étudiant l'influence des fonds colorés : n'oublions pas que les nuances des couleurs ne sont pas les mêmes et que l'intensité des rayons lumineux des couleurs portant la même dénomination ne correspond pas non plus : là se trouve la cause de la différence constatée.

EXPÉRIENCE 7. — *Les rayons ultra-violets.*

Les rayons ultra-violets agissent-ils sur le comportement des Poissons ?

Pour le savoir, nous avons fait appel à l'obligeance du laboratoire de Physique de la Sorbonne. Pendant un quart d'heure, un petit aquarium, contenant 8 Epinoches, fut exposé aux rayons ultra-violets. D'abord, il y eut une vive agitation : les animaux allaient et venaient dans tous les sens, comme incommodés et désorientés ; leur groupement habituel était dissocié ; les individus éparpillés cherchaient à fuir, pressés contre les parois. Une plaque de verre fut alors appliquée sur l'aquarium : aussitôt il se produisit un calme relatif et un regroupement. On sait que le verre oppose une certaine résistance au passage des rayons ultra-violets, de sorte que la plaque apposée sur l'aquarium servait de protection aux animaux contre leur action évidemment désagréable. Cette expérience n'a pas laissé de suites fâcheuses aux « opérés », sinon une évidente fatigue et une légère décoloration.

EXPÉRIENCE 8. — *Une Epinoche sauvage.*

Comment réagira cette Epinoche, sous l'action des lumières colorées, elle qui se comportait si différemment des autres lorsqu'elle se trouvait sur des fonds colorés, surtout sur le fond rouge ?

Lampe violette : elle monte du fond à la surface, tourne le dos à la lumière, frôle la séparation; à la 10^e minute, elle se réfugie dans l'angle du premier compartiment.

Lampe bleue : même comportement ; à la 8^e minute, elle passe en B, puis elle revient en A et elle va s'installer dans un angle à l'opposé de la lumière.

Lampe verte : elle stationne d'abord au fond du vase, puis elle s'élève à la surface, tournant le dos à la lumière, la tête touchant la plaque de séparation.

Lampe jaune : elle descend au fond de l'aquarium, où elle reste inerte, indifférente. Au bout de 10 minutes, elle remonte à la surface et elle fuit vers le passage.

Lamp rouge : elle se montre d'abord insensible. Au bout de 10 minutes, elle passe calmement dans le compartiment B, pour revenir ensuite en A.

En somme, elle réagit avec moins d'intensité que ses congénères et elle ne marque pas, cette fois, de répulsion particulière pour cette nuance du rouge.

EXPÉRIENCE 9. — *La Perche.*

A plusieurs reprises, une Perche exposée aux rayons des lampes colorées, s'est toujours montrée complètement indifférente, inerte même : couchée au fond de l'aquarium, elle restait immobile et elle n'esquissait pas même le plus léger geste de réaction. Etonné de cette désespérante inertie, nous portons l'eau de l'aquarium, de 14° C. (température du laboratoire en ce moment) à 20° C. A cette température, la Perche se montre très vive, agile, propre à l'expérimentation. Malheureusement, à ce moment propice, nous devons quitter le laboratoire et remettre l'expérience au lendemain.

Le lendemain, l'aquarium est placé sur un réchaud. Mais, par suite d'une distraction, il resta trop longtemps sur le feu et, lorsqu'il fut enlevé, l'eau où se trouvait la Perche marquait 25° C. ! C'était plus qu'il en fallait. A cette température, la

Perche se montrait très vive, éveillée et mobile autant qu'une Epinoche. L'expérience est alors tentée : l'aquarium est placé devant une lampe électrique brusquement allumée... la réaction fut si brusque, que l'animal effrayé, subitement, brutalement, se précipite contre une paroi de l'aquarium, s'assomme et meurt !

La Perche n'est vraiment pas commode à expérimenter : elle réagit mal à la température du laboratoire ; elle s'asphyxie trop facilement dans les cristallisoirs, etc. Nous avons préféré y renoncer !

EXPÉRIENCE 10. — *Les Tanches.*

A la température du laboratoire qui variait, pour l'eau, de 12 à 14° C., les Tanches se sont toujours montrées rebelles à toutes réactions sous les rayons lumineux des lampes colorées.

Désespéré par cette inertie et instruit par l'expérience de la Perche, nous avons tenté de les soumettre à des températures plus élevées.

A 20° C., elles fuient légèrement toutes les lumières, mais assez mollement : elles paraissent éprouver une répulsion dans l'ordre suivant : lumière blanche, violette, bleue, rouge, verte, et enfin jaune.

A 25° C., elles se montrent beaucoup plus vives : elles vont, viennent, montent, descendent dans l'aquarium ; elles fuient vivement toutes les lumières colorées, mais surtout la blanche et la jaune.

Cette observation démontre que les réactions visuelles sont en rapport avec la température du milieu, dont l'optimum varie, sans doute, pour chaque espèce. Les Epinoches, par exemple, réagissent à la température de 12-14° C. ; les Perches, à 20° ; les Tanches, vers 25° C.

Conclusion : Toutes ces expériences nous prouvent que les lumières colorées ont une action, et une action plus ou moins répulsive, sur les Poissons. Les réactions dépendent de multiples facteurs, parmi lesquels il faut compter l'intensité et la coloration de la lumière, les dispositions spécifiques et individuelles, la température, la fatigue et l'habitude.

Il est vraisemblable de penser que si nous pouvions calculer exactement tous les facteurs qui entrent en jeu dans l'action — internes et externes à l'animal — nous pourrions exactement prévoir la réaction correspondante.

III. — *Les objets colorés.*

Comment les Poissons reconnaissent-ils les objets ? — A leurs formes ? à leur couleur ? à leurs mouvements ? Comment voient-ils ? et à quelle distance ? Apprennent-ils, par expérience, à reconnaître les objets ou bien les reconnaissent-ils d'instinct ?

Les expériences suivantes donneront peut-être une réponse plus ou moins claire à quelques-unes de ces questions.

EXPÉRIENCE 1. — Des morceaux de papier rouge sont présentés à 2 Epinoches au moyen d'une pince dont le bout est teint en rouge. Les deux se tournent vers ces objets, elles s'avancent vers eux, elles les examinent ; mais ni l'une ni l'autre ne les mordent, malgré qu'elles n'aient rien mangé depuis cinq jours.

Ces morceaux de papier sont laissés dans le vase ; mais elles n'y touchent point.

Devant ces faits, ne faut-il pas admettre qu'elles ont reconnu que les bouts de papier ne sont pas une proie, malgré leur couleur qui est, à notre appréciation, très sensiblement la même que celle des vers de vase dont elles se nourrissent habituellement ? Comment s'est faite cette reconnaissance, sinon par la forme qui est très différente ? En tout cas, ce n'est pas par le mouvement, car ces morceaux de papier rouge ont même flotté sur l'eau pendant quelques instants.

EXPÉRIENCE 2. — Un lot de 6 Epinoches, qui n'ont pas été nourries depuis six jours, est introduit dans un cristalliseur.

Avec une pince rouge qui leur est familière, un petit papier rouge roulé en forme de ver de vase leur est présenté en A : les Epinoches arrivent pour le saisir et les mordent à plusieurs reprises ! A est précisément la place où les vers, dont elles

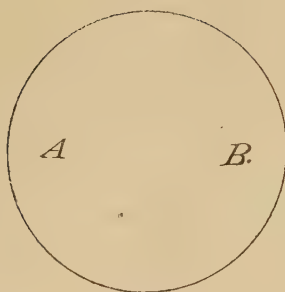


Fig. 5

se nourrissent, leur sont présentés habituellement au bout d'une pince rouge. Ensuite, un bout du même papier, roulé de la même façon, leur est présenté au même endroit, au bout d'une pince blanche dont elles n'ont pas l'habitude : elles l'entourent de même, le mordent à deux ou trois reprises et le lâchent tout comme la première fois.

Simultanément, du papier rouge roulé en forme de ver est présenté avec la pince blanche en B, et la pince rouge sans papier est présentée en A : sans aucune hésitation, les animaux se dirigent en B et non pas vers A où se trouvent, pourtant, le lieu et la pince dont elles ont l'habitude.

Du papier blanc roulé en ver est présenté avec la pince rouge en A, et en même temps, du papier rouge, roulé de même, est présenté en B avec la pince blanche : c'est vers B, et non vers A qu'elles sont attirées.

Du papier rouge, roulé en forme de ver, est ensuite présenté simultanément en B avec la pince blanche et en A avec la pince rouge : les Epinoches se portent alors vers les deux pinces, blanche et rouge.

Que déduire de cette expérience ? C'est que — malgré ce qu'en dit Mlle Goldsmith — l'habitude du lieu et la couleur des pinces ne comptent pas beaucoup dans ce comportement : la forme et la couleur du papier, simulant les vers, attirent seules les animaux, à défaut de mouvement.

Mais, des deux, est-ce la forme ou la couleur qui les attire le plus ?

Voici une expérience qui répond, du moins en partie, à cette question : deux tubes de verre, parfaitement égaux, contenant l'un deux morceaux de papier rouge roulés en forme de vers, l'autre deux morceaux de papier blanc roulés de même, sont déposés dans le cristalliseur, le rouge en A, le blanc en B : tous les Poissons se portent directement vers les papiers rouges.

L'expérience est alors renversée : le tube rouge est porté en B et le blanc en A : encore une fois, tous les Poissons se dirigent vers le rouge.

Ces faits indiquent que les Poissons ne se dirigent ni par la couleur seule ni par la forme seule, mais bien qu'ils sont attirés par la forme et la couleur réunies, ensemble qui simule leur nourriture habituelle.

Mais, il ne faut pas l'oublier ! ils ne s'y trompent pas longtemps : après plusieurs essais infructueux, plus ou moins nombreux suivant les individus, ils ne mordent plus au papier trompeur ; ils semblent reconnaître qu'il n'est pas un ver ; ils renoncent aussi à se buter contre les tubes contenant des papiers rouges roulés : leur instinct a acquis de l'expérience et s'est modifié.

EXPÉRIENCE 3. — La couleur et la forme ne paraissent les tromper du reste que lorsqu'on leur présente des simulacres en papier, seuls. Dès qu'on met ces faux vers en présence de vers véritables, le résultat est tout différent ! Voici ce qui se passe alors :

Dans l'aquarium, des vers de vase sont présentés en A,

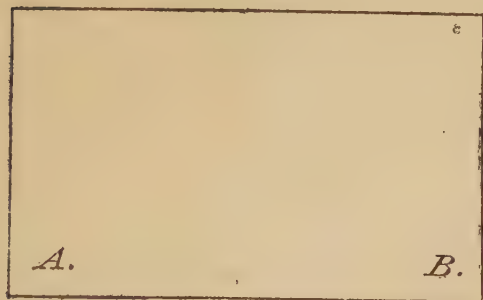


Fig. 6

avec la pince rouge ; et, en même temps, de faux vers en papier rouge sont présentés en B avec la pince blanche : immédiatement les six Epinoches vont vers la véritable proie ; deux seulement s'approchent en B, regardent sans toucher et, après un court examen, elles filent vers A

L'expérience est renversée pour le contrôle : des vers sont introduits en B avec la pince blanche et de faux vers rouges en A avec la pince rouge : toutes les Epinoches s'en vont vers B.

Ensuite, des vers véritables sont introduits, en même temps, aux deux angles opposés, au moyen de deux pinces différentes : les Poissons se rendent aux deux à la fois.

Au moyen des deux pinces, de faux vers sont ensuite introduits aux deux extrémités opposées : quelques individus seulement s'en approchent, regardent et s'en écartent sans même y toucher.

Les Epinoches, comme surprises d'abord, ne se laissent donc tromper, en fin de compte, ni par la couleur et la forme des pinces, ni par l'emplacement, ni par la couleur et la forme du papier ; elles paraissent savoir distinguer parfaitement les vers véritables des faux vers, surtout après quelques expériences, ou nous dirions plutôt, après quelques déceptions, si ce langage n'était pas trop anthropomorphique.

EXPÉRIENCE 4. — Pour observer le comportement des animaux en face d'un obstacle qui les sépare de leur proie, l'aquarium est placé perpendiculairement au plan de la fenêtre ; l'intérieur en est divisé par une lamelle de verre qui laisse un passage libre du côté le plus éclairé. Les Epinoches sont groupées en B ; des vers sont déposés en A. Pour arriver vers la proie qu'ils aperçoivent à travers la cloison, les Poissons ont à franchir celle-ci en la contournant du côté le plus éclairé. Dès le début, il y a une vive agitation, de pressantes tentatives, des heurts contre la lame de verre, en face de la proie. Mais constatant l'inutilité de leurs efforts, ils longent peu à peu l'obstacle, allant et venant, en le flairant, et, en *cinq* minutes, quatre individus contournent l'obstacle et arrivent vers la proie. Ils sont alors refoulés en B.

Mais la seconde fois, après le même manège, cinq individus parviennent au but, *trois* minutes seulement. Un seul ne s'est pas dérangé : il se montre lourd et paresseux.

Ici, il paraît évident que la vue leur a fait reconnaître les vers, mais il apparaît aussi bien qu'ils se sont aidés du tact pour contourner l'obstacle. Comme on le voit clairement, ils apprennent à connaître leur route.

Il serait intéressant de dissocier l'action des divers sens qui contribuent à les guider, par exemple, d'aveugler les yeux, puis d'anesthésier le sens tactile des lèvres, puis enfin le sens olfactif, pour constater ensuite les différences de comportement. Ces desiderata doivent être signalés ici.

EXPÉRIENCE 5. — *Tubes colorés* : 5 tubes colorés sont introduits dans l'aquarium, du côté le plus éclairé, dans l'ordre suivant : violet, bleu, vert, jaune et rouge. Les Poissons, groupés du côté opposé, se montrent d'abord indifférents. Au bout de

10 minutes, la moitié d'entre eux, et au bout de 20 minutes, tous se sont orientés vers eux; ils les flairent légèrement, surtout le rouge, et repartent indifférents vers le côté le plus obscur ! Que faut-il en conclure ? Est-ce une simple curiosité ? En tout cas, ils se sont bien rendu compte que ces tubes n'étaient pas des proies à attaquer.

Dans un aquarium, transformé en labyrinthe par deux plaques de verre formant séparations, des tubes colorés sont placés successivement aux deux passages d'un compartiment à l'autre. Les animaux sont placés dans la partie la plus éloignée du compartiment le plus éclairé C, d'où ils se déplacent pour aller vers le compartiment le plus obscur A. Au premier tour les tubes se trouvent au second passage : les Poissons les examinent, les flairent même, mais ils ne marquent aucune préférence et n'y mordent pas. Au second tour, les tubes sont placés au premier passage : ils n'attirent pas les Poissons, mais ils les désorientent visiblement, car, au lieu de les explorer, ils se mettent, cette fois, à explorer bien davantage le compartiment lui-même : c'est du moins ce qui ressort clairement de la comparaison du nombre d'individus trouvés dans chaque compartiment, dans les deux essais successifs :

	Premier essai				Second essai		
	→				→		
	A	B	C		A	B	C
1 minute.....	3	4	4		2	3	6
2 minutes.....	6	4	1		4	1	6
3 minutes.....	8	3	0		4	4	3
	17	11	5		10	8	15

Ce retard provient certainement de la modification du premier compartiment qui, sans opposer aucun obstacle au passage resté libre, a causé une perturbation psychique dans la mémoire des lieux, une désorientation. Le retard ne provient pas de l'attention portée sur les couleurs, car ils n'ont pas même été examinés un seul instant.

EXPÉRIENCE 6. — 5 tubes diversement colorés, aux trois quarts remplis d'eau, flottent verticalement dans un aquarium contenant 10 Epinoches. Le rouge seul attire l'attention des animaux :

8 d'entre eux l'abordent plus ou moins vite, alors que les autres tubes les laissent indifférents. Mais ils n'y touchent point.

EXPÉRIENCE 7. — Deux tubes exactement pareils contenant, l'un de petits morceaux de papier rouge, roulés et recourbés en forme de vers de vase ; l'autre, d'autres morceaux du même papier, plus ou moins froissés seulement, sont placés dans un aquarium au milieu d'un groupe d'Epinoches. Devant ces objets aux formes différentes, leur comportement est bien différent aussi : elles s'approchent, par groupes, des deux tubes ; celles qui entourent les papiers informes regardent, examinent, longent le tube de bas en haut et de haut en bas, puis s'en vont sans y toucher. Au contraire, celles qui se sont approchées des formes ressemblant aux vers cherchent à mordre la proie attirante, heurtent à maintes reprises leur museau au verre, trois à quatre fois au moins, et, devant la vanité de leurs efforts, elles finissent enfin par y renoncer.

Le contenu des deux tubes est alors versé dans l'aquarium : les Epinoches ne touchent pas aux papiers informes ; mais elles mordent à belles dents aux papiers imitant les vers, cinq à six fois au moins, avant de les abandonner. C'est donc bien la forme, bien plus que la couleur qui les trompe ici ; mais elle ne les trompe pas longtemps.

EXPÉRIENCE 8. — Trois cupules d'égale grandeur sont introduites dans l'aquarium : une jaune A, vide, à l'angle où les vers de vase étaient habituellement donnés en nourriture ; une rouge B, contenant des vers de vase est introduite ensuite : les Epinoches s'approchent d'abord de la première et, malgré l'habitude de cet angle, elles s'en écartent sans y prêter autrement attention. Mais elles se précipitent vers la cupule B, dès son introduction, se heurtant au verre, puis bientôt, après quelques essais infructueux, plusieurs y plongent adroitement. L'une ou l'autre en ressortent avec un ver à la bouche que cherchent à saisir celles qui n'ont pas encore appris à plonger.

La cupule C, transparente, est alors introduite. Les vers y sont très visibles. Immédiatement les Epinoches se portent vers elle et, après deux ou trois tentatives contre le verre, elles plongent dans l'intérieur pour saisir la proie.

Les cupules sont alors interchangeées : les vers sont versés des unes dans les autres, à plusieurs reprises, pour dérouter les Poissons ; mais ceux-ci ne se laissent pas tromper facilement ; ils suivent leur proie partout où elle se trouve. Ils apprennent même à plonger avec aisance après quelques exercices.

Cette expérience démontre encore que les Poissons se conduisent moins par le souvenir de l'emplacement habituel que par la vue, ou l'odeur peut-être, de leur nourriture, qu'ils suivent dans ses migrations. Elle démontre aussi que, bien loin de le savoir par un indéfectible instinct, ils apprennent à reconnaître les lieux, les formes, les couleurs et généralement les objets qui forment l'ensemble de leur ambiance.

EXPÉRIENCE 9. — *Faux vers en papier.* — Un certain nombre de faux vers en papier blanc, les uns rectilignes, les autres incurvés, sont déposés à la surface de l'aquarium : les Poissons n'y prêtent aucune attention.

Trempés et pressés, leur densité devient supérieure à celle de l'eau ; ils tombent alors lentement : les Poissons les pourchassent et les happent au passage, surtout les incurvés, puis les lâchent après y avoir mordu une ou deux fois. Ils ne font plus aucun cas de ceux qui, tombés, reposent inertes sur le fond.

L'expérience est répétée avec de faux vers en papier rouge ; le résultat est à peu près le même : presque la même inattention pour les vers immobiles ; mais poursuite immédiate dès qu'ils sont en mouvement, surtout des incurvés.

L'expérience est modifiée par l'introduction simultanée de faux vers en papier, rouges et blancs, droits et incurvés ; les uns flottent à la surface, les autres descendent plus ou moins vite jusqu'au fond : les Poissons restent indifférents envers les immobiles ; mais ils pourchassent activement ceux qui sont en mouvement ; ils s'attaquent surtout aux rouges incurvés, puis aux rouges et finalement aux blancs incurvés.

Cette expérience nous apprend que les Poissons distinguent, par la vue, d'abord le mouvement, puis la forme et les couleurs. Elle démontre aussi que lorsqu'ils sont trompés, ils arrivent à reconnaître assez rapidement leur erreur, après quelques essais.

Si, d'autre part, on introduit à la fois des vers véritables simultanément avec de faux vers, le résultat est frappant : presque toutes les Epinoches happent les vers véritables et passent à peu près indifférentes à côté des vers truqués ; très peu se trompent et l'erreur dure peu.

EXPÉRIENCE 10. — Un de nos camarades de laboratoire, M. de Lépiney, étudiant la Biologie des larves du *Chaoborus crystallinus*, qui sont petites et à peu près transparentes, en introduisit dans un aquarium où nous expérimentions sur nos Epinoches. Celles-ci les virent, se précipitèrent sur elles à 15 centimètres de distance et les dévorèrent (1). La transparence de ces larves les rend pourtant presque invisibles. Les vers de vase sont aperçus à une distance encore bien plus grande à 20, à 30 et même à 35 centimètres, comme nous l'avons constaté plus d'une fois lorsque les vers sont en mouvement. Basé sur ces expériences, nous ne pouvons donc pas admettre, en ce qui concerne les Epinoches du moins, l'affirmation de M. le professeur E. Rabaud « que les Batraciens, les Poissons, les Insectes, les Arachnides sont d'une extrême myopie » (2). Malgré le profond respect que nous avons pour notre vénéré maître, nous devons lui rappeler ici, en ce qui concerne la myopie des Poissons, la si belle maxime de Tércence : « *Amicus Plato, sed magis amica veritas* » (3).

Conclusions. — De toutes les expériences sur la vue des Poissons, du moins en ce qui concerne ceux que nous avons étudiés, nous pouvons tirer les indications gécérales suivantes :

1) Les Poissons réagissent différcmment aux excitations optiques.

2) Ils distinguent les différentes couleurs.

(1) J. DE LÉPINEY, *Biologie de la larve d'hiver de Chaoborus Crystallinus*, 1925.

(2) E. RABAUD, *Recherches sur la variation chromatique et l'homochromie des Arthropodes*. Bull. biol., t. 57, p. 65.

(3) Dans une note parue dans la « Feuille des Naturalistes », février 1925, M. le Professeur Rabaud reconnaît cependant qu'une Perche-Soleil voit des larves de Chironomes, dont elle se nourrit, à 80 centimètres de distance.

3) En général, ils fuient les rayons lumineux en proportion de leur intensité et de leur clarté.

4) Ils présentent des différences considérables dans leurs réactions, individuelles et spécifiques.

5) Ils reconnaissent, par la vue, les objets à leurs mouvements d'abord, puis à leur forme et, enfin, à leur couleur.

CHAPITRE II

Réactions Acoustiques.

La montre. — Avant d'exposer nos expériences relatives aux réactions provoquées par les vibrations sonores, nous devons signaler une observation curieuse qui a trait, sinon au sens de la vue des Poissons, du moins à leur sens acoustique.

Un jour, pendant une expérience, une montre se trouvait placée tout près de l'aquarium, entre sa paroi la plus éclairée et l'expérimentateur. A un moment donné, toutes les Epinoches avaient abandonné le côté le plus obscur du vase et se trouvaient serrées, en groupe compact, contre la paroi éclairée, très visiblement orientées vers la montre, comme dans une attitude d'attention profonde ! Ce fait a été constaté sur le coup par trois personnes du laboratoire. Au bout de quelques minutes, la montre fut enlevée et le charme rompu ! Les Epinoches se dispersèrent pour se regrouper vers le côté opposé, le moins éclairé. Jamais plus cette observation ne se renouvela, malgré beaucoup de tentatives d'expérimentation. Qu'est-ce donc vraiment qui attirait ainsi ces animaux et retenait leur attention ? Des reflets lumineux qui ne se sont pas reproduits depuis ? Mais ces Poissons s'étaient toujours montrés photophobes, surtout pour les couleurs claires comme celles de la montre. Le mouvement de la fine aiguille des secondes ? Mais un objet en mouvement provoque non pas une attention soutenue, mais des efforts, des « sauts » vers la proie, ce qui ne se produisit pas ici. Le tic-tac de la montre, fort perceptible ? C'est, à notre avis, la véritable cause de cette orientation et de cette attention fortement marquée. Mais alors, comment se fait-il que ce tic-tac

n'ait jamais reproduit le même effet ? Nous l'ignorons et devons, quant à nous, nous contenter de signaler ce fait curieux, mais bien constaté.

EXPÉRIENCE 1. — Huit Epinoches nagent en plusieurs sens, calmement, dans un aquarium. Pour masquer le jeu de l'expérience, une feuille de papier gris est appliquée délicatement sur la face extérieure du vase de façon à ne pas les déranger. Au moyen d'un diapason d'orchestre, des sons musicaux divers sont produits contre cette paroi : comme surprises d'abord, les Epinoches s'arrêtent un instant et, au bout de quelques minutes, plusieurs d'entre elles se dirigent vers le côté éclairé, d'où proviennent les sons.

N'est-ce pas là une claire indication que ces animaux perçoivent les vibrations sonores ?

EXPÉRIENCE 2. — L'aquarium est transformé en labyrinthe à trois compartiments, par le procédé ordinaire déjà décrit. Le compartiment A est le moins éclairé : c'est là que se tiennent les Epinoches. Sur la paroi extérieure du compartiment C une feuille de papier gris est collée pour soustraire l'instrument musical à la vue des Poissons. Ceux-ci sont en ce moment groupés en A, très calmes.

Le son *do* est produit, pendant 10 minutes, contre la paroi extérieure du compartiment C : 5 Epinoches se sont, pendant ce temps, amenées en C, 2 en B, et 1 seule est restée en A.

L'expérience est accentuée en appliquant un écran noir foncé sur la face extérieure du compartiment A, de façon que les animaux y soient davantage retenus. Mais, malgré cette précaution, pendant que le *do* se fait entendre du côté opposé, 4 Epinoches stationnent obstinément en C et 2 en B. Cinq minutes après la cessation des sons musicaux, 4 Poissons stationnent encore en C et 2 en B. Donc, contrairement à leur comportement ordinaire et naturel, les trois quarts de ces animaux stationnent longuement dans la partie la plus éclairée où s'étaient produits les sons, même après leur cessation ! Quelle preuve plus évidente qu'ils perçoivent les vibrations sonores et qu'ils sont attirés par elles ?

Les cloisons du labyrinthe furent ensuite enlevées et, confor-

mément à leur nature, les Epinoches se regroupèrent bientôt contre la paroi obscure, vers le fond. Dès qu'elles se furent tranquillisées, l'expérience continua par la production de plusieurs sons de la gamme pendant quelques minutes. Bientôt les Poissons s'élevèrent doucement vers la surface de l'eau et plusieurs, allant et venant, de droite et de gauche, finirent par se diriger vers le côté d'où provenaient les sons, mais, ce que nous avons déjà remarqué auparavant, comme incertains sur leur provenance.

Ces expériences prouvent bien, semble-t-il, que les Epinoches perçoivent les vibrations sonores et que les sons musicaux les attirent, qu'ils leur paraissent peut-être agréables, par conséquent. Mais elles ne paraissent pas percevoir très clairement la direction des vibrations, car elles présentent, à les entendre, une certaine hésitation, semblent en chercher l'origine et la reconnaître avec quelque difficulté.

EXPÉRIENCE 3. — Dix Epinoches, conformément à leur phototropisme négatif, sont groupées dans l'aquarium contre la paroi voisine du mur. Sur la face opposée, la plus éclairée, recouverte d'une feuille de papier gris, le son *do* est produit à trois reprises différentes, pendant 5 minutes chaque fois, avec des intervalles de 10 minutes, au moyen d'un diapason d'orchestre.

Tant qu'il n'y a pas de vibrations sonores, les Poissons sont tranquilles. Mais dès que le diapason vibre, ils nagent doucement, s'élèvent dans le liquide et opèrent des mouvements de recherche. Ils semblent ne pas se rendre exactement compte d'où provient le son. Peu à peu cependant, ils se rapprochent de la paroi où vibre le diapason, la première fois au nombre de 5, la deuxième et la troisième fois au nombre de 7 sur 10. Arrivés là, plusieurs s'immobilisent dans un calme complet, la tête orientée vers la paroi sonore et les autres nagent doucement, allant et venant devant cette paroi ! Ne voit-on pas là l'évidente attirance qu'exercent sur eux les vibrations sonores ?

EXPÉRIENCE 4. — L'aquarium formant labyrinthe est disposé comme l'indique la figure ci-contre ; il est placé perpendiculairement au plan de la fenêtre. Le côté *ab*, tourné vers le mur, est le plus obscur ; c'est vers cette paroi que se groupent les

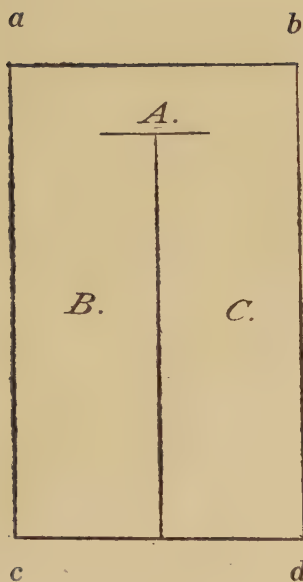


Fig 7

Epinoches. Le côté *cd*, le plus éclairé, est recouvert extérieurement d'une feuille de papier gris faisant écran ; il se trouve du côté de l'opérateur.

Deux lames de verre, l'une plus grande parallèle, et l'autre plus petite perpendiculaire au plan de la fenêtre, sont placées de façon à rendre plus difficiles les déplacements.

Les animaux se trouvent naturellement dans le compartiment A ; ils doivent franchir longitudinalement les compartiments B et C pour arriver jusqu'à la paroi vibrante *cd*.

Les sons de la gamme sont alors produits pendant cinq minutes chacun, en laissant entre eux le temps nécessaire aux Poissons pour rentrer dans le compartiment A et s'y former en groupement ! Voici donc les résultats obtenus par ce procédé :

	A	B	C	
	→			
<i>Do</i>	2	5	1	tous orientés vers la paroi sonore.
<i>Ré</i>	1	6	1	ils sont chercheurs et comme indécis.
<i>Mi</i>	2	3	3	après quelques minutes, ils rentrent en A.
<i>Fa</i>	3	4	1	orientés vers <i>cd</i> , puis ils rentrent en A.
<i>Sol</i>	3	4	1	2 sont près de la paroi <i>cd</i> ; les autres cherchent.
<i>La</i>	1	6	1	3 repartent après reconnaissance de <i>cd</i> ;
<i>Si</i>	0	4	4	4 sont près de la paroi sonore ; 3 repartent.
	12	32	12	

L'addition de ces chiffres nous prouve que, pendant l'exécution des sons de la gamme, les Poissons se sont comportés comme suit :

- 12 sont restés en A ;
- 32 sont venus en B ;
- 12 sont venus en C ;

en tout, 44 sont donc venus près de la paroi d'où partaient les vibrations sonores et, fait à noter, la moitié des douze restés

dans le compartiment A se sont orientés vers la paroi vibrante.

Après chaque exercice, malgré le silence, plusieurs individus restaient chaque fois immobiles, pendant au moins quelques minutes, orientés vers le côté sonore, mais plus ou moins nombreux suivant le son : ainsi, après le *mi*, ils s'en retournent plus vite vers l'obscurité, alors que, après le *si*, ils ont persisté auprès de la paroi sonore cinq minutes après la cessation du son.

Cette expérience semble bien démontrer :

- 1) que les Epinoches perçoivent les vibrations sonores ;
- 2) que ces vibrations les attirent et sont peut-être agréables ;
- 3) que le degré d'attirance varie avec les tons de la gamme ;
- 4) que l'origine du son leur paraît toujours un peu vague.

Mais la comparaison de ces chiffres pose un nouveau problème : pourquoi les animaux se portent-ils surtout à gauche, dans le compartiment B, plutôt qu'à droite dans le compartiment C ? L'éclairement paraît être égal des deux côtés et les deux compartiments sont identiques.

L'explication de cette différence doit être recherchée, nous semble-t-il, dans la distance différente des deux flancs, droit et gauche, de l'aquarium aux parois de la salle : en effet, le flanc droit est éloigné de trois mètres environ du mur du laboratoire, alors que le gauche est rapproché de moins d'un mètre du côté d'une armoire : il est donc probable que les vibrations sont ainsi renforcées de ce côté-ci ; c'est donc très probablement cette différence d'acoustique qui cause la différence de comportement. Il serait impossible, semble-t-il, de l'expliquer autrement. Quoiqu'il en soit, la perception et l'attirance des vibrations sonores est évidente.

EXPÉRIENCE 5. — Sept Epinoches sont immobiles au fond d'un aquarium, agitant leurs nageoires pectorales de ce gracieux mouvement d'éventail qu'on leur connaît. Elles se tiennent naturellement groupées du côté le plus obscur, vers lequel elles sont orientées. Le son *do* est produit pendant quelques minutes tout près du côté opposé, c'est-à-dire près du côté éclairé ; les Epinoches montent à la surface du liquide et, allant d'abord de gauche à droite et de droite à gauche, elles s'orientent vers le

côté sonore. En quatre minutes, elles parviennent plus ou moins près de la paroi d'où provient le son. Deux seules restent au fond du vase, presque immobiles ; elles se retournent cependant bientôt vers la région sonore.

Là aussi, la perception et l'attraction des vibrations sonores ne peut être mise en doute.

EX^{PERI}RIENCE 6. — L'aquarium contient douze Epinoches; il est disposé comme l'indique la figure 7, page 62, perpendiculairement au plan de la fenêtre ; le côté le plus obscur *ab* est tourné contre le mur ; le côté *cd* le plus éclairé, est recouvert de papier gris. Les Epinoches se trouvent toutes au fond du compartiment de droite. Pendant environ 5 minutes, un bruit sonore est produit contre la paroi *cd*, d'abord en frappant sur un flacon, puis sur une plaque métallique vibrante : à ce bruit, presque tous les Poissons s'orientent vers le côté *cd* et, en ce court laps de temps, ils ont franchi les deux tiers de la distance qui les séparent de la paroi sonore, cherchant de côté et d'autre, comme s'ils étaient encore mal assurés de l'origine des vibrations.

Une fois regroupés vers *ab*, le son *do* est expérimenté à nouveau :

en 3 minutes, la première fois, les animaux s'élèvent vers la surface de l'eau et se dirigent vers le côté sonore : deux arrivent près de cette paroi; un seul reste en place, mais il s'oriente dans cette direction ;

en 2 minutes, la deuxième fois, tous se dirigent vers *cd* ; un s'arrête là immobile; deux poussent leur reconnaissance dans le compartiment de gauche et reviennent ensuite ;

en 1 minute, la troisième fois, tous se dirigent vers la paroi sonore, mais toujours en explorant, comme s'ils n'étaient pas assurés de l'origine du son.

Ces faits n'indiquent-ils pas clairement que, non seulement ces Poissons perçoivent les vibrations sonores, mais qu'ils réagissent positivement à ces excitations qui paraissent leur être agréables, semble-t-il. Bien plus, l'action de l'excitant acoustique se répétant, la réaction devient de plus en plus facile et elle se fait ainsi en toujours moins de temps, ce qui

indique très probablement l'entrée en jeu d'un facteur nouveau, de nature psychique, la mémoire.

EXPÉRIENCE 7. — A) Avec le diapason d'orchestre, le *do* est donné pendant 4 minutes, près de la paroi la plus éloignée d'un aquarium où se trouve un lot de onze Epinoches, groupées vers le fond du vase, très calmes. Au bruit du diapason, elles montent doucement à la surface, nagent en divers sens et viennent, dans leur ensemble, vers le côté où se produit le son. Ici encore, elles paraissent clairement percevoir les vibrations, mais ne pas se rendre bien compte de leur source ni de leur direction.

B) Voici un essai du diapason normal, donnant le *la*, employé de deux façons : dans le premier cas, la tige vibrante est légèrement appuyée contre la paroi de l'aquarium et les vibrations sont donc renforcées ; dans le second cas, la tige est tenue à distance et les vibrations sont plus douces. Dans les deux cas, les Poissons s'animent et s'approchent; mais, dans le premier, l'agitation est plus marquée, ils paraissent inquiets et ils se tiennent à distance de la paroi; tandis que dans le second, ils s'en rapprochent et la réaction est plus régulière, plus calme.

EXPÉRIENCE 8. — L'aquarium, placé perpendiculairement au plan de la fenêtre, contient onze Epinoches. Elles sont calmes au fond du vase, du côté du mur comme toujours. Une feuille de papier gris est apposée sur le côté opposé pour masquer le diapason.

A) Le diapason normal est frappé doucement, à coups réguliers, par une baguette de fer. Au bout d'environ 3 minutes, les Epinoches s'élèvent de la profondeur vers la surface du liquide, s'orientent lentement vers le côté d'où arrive le son, suivent les bords, parfois même elles se retournent, puis reprennent leur route, et elles arrivent plus ou moins près du côté sonore, en l'espace d'environ 7 minutes.

B) Une fois le calme du groupement rétabli, l'expérience est recommencée de la même façon. Les onze Epinoches se dirigent vers la paroi vibrante : trois y arrivent et stationnent là, immobiles; les autres explorent lentement la région, comme indécises et curieuses : leur arrivée a duré environ 5 minutes.

C) L'expérience est recommencée pour la troisième fois : les résultats sont encore les mêmes, sauf que l'arrivée se fait cette fois en 4 minutes.

Après la cessation des vibrations, les Poissons restent encore pendant plus de 5 minutes près de la paroi où ils avaient perçu ces vibrations; enfin, ils s'en vont doucement se regrouper vers la région la moins éclairée.

Chaque fois que la branche du diapason frôlait la paroi de l'aquarium, les vibrations plus fortes, communiquées au liquide, produisaient un éloignement marqué des animaux.

De toutes ces expériences, il résulte :

1° que ces Poissons perçoivent fort bien les vibrations sonores ;

2° que ces vibrations les attirent, quand elles sont douces ;

3° qu'ils ne paraissent pas facilement reconnaître l'origine des sons ni leur direction ;

4° que le rôle de la mémoire facilite cette recherche, puisque la répétition des expériences diminue le temps d'arrivée vers la paroi vibrante.

5° que les réactions acoustiques présentent de grandes différences individuelles.

Après ces expériences, on ne peut plus conclure, à notre avis, avec la plupart des auteurs, que, chez les Poissons, le rôle de l'ouïe est très discuté, ni même douter de sa réalité. Les Poissons perçoivent évidemment d'autres vibrations que celles du sol; leur oreille n'est certainement pas entièrement affectée au sens de l'équilibre, car elle perçoit sûrement les vibrations sonores des sons musicaux et cela avec un attrait qui les amène vers le lieu de leur origine.

CHAPITRE III

Réactions Olfactives.

Si l'expérimentation est relativement facile en ce qui concerne les réactions visuelles et auditives, elle devient par contre délicate, compliquée et même jusqu'à un certain point incertaine, presque impossible, lorsqu'il s'agit du sens olfactif. En effet, les excitations visuelles sont perçues par l'appareil optique et les vibrations sonores par l'appareil acoustique, sans complication d'un facteur étranger, sans interaction d'un autre organe des sens.

Quand il s'agit de l'organe olfactif, au contraire, il en est tout autrement; car, il y a ici, chez les Vertébrés terrestres, communication des fosses nasales avec l'arrière-bouche et passage, avec l'air, des corpuscules odorants dans la bouche même où ces corpuscules arrivent en contact avec les terminaisons nerveuses du nerf gustatif. D'autre part, l'odeur des aliments passe de la bouche dans le nez par l'expiration, de sorte qu'il y a connexion entre les sensations du goût et celles de l'odorat, ce qui a fait dire à Larguier des Bancelles, que les sensations olfactives interviennent comme parties intégrantes dans ce que nous appelons communément « un goût » ! (1) Il suffit cependant, chez ces Vertébrés, de fermer les narines pour obtenir la discrimination de ces deux sensations.

Mais, chez les Poissons, il n'y a pas de communication entre les fossettes nasales et le pharynx; il semblerait donc, de prime abord, en se basant seulement sur leur conformation anatomique, que les deux sens soient parfaitement séparés et, par consé-

(1) LARGIER DES BANCELLES, *Le Goût et l'Odorat*.

quent, plus faciles à étudier. C'est pourtant tout le contraire qui se produit, car ici ce n'est pas l'air gazeux, porteur de corpuscules odorants, qui baigne la membrane pituitaire, mais bien l'eau, et ce liquide, suivant certains auteurs, est précisément contraire à la sensation olfactive. « Il demeure provisoirement acquis, affirme par exemple Larguier des Bancel, que les matières odorantes perdent dans l'eau leurs propriétés spécifiques et qu'ainsi l'olfaction, au sens strict du terme, ne s'opère pas dans l'eau. » (1) D'autre part, les matières odorantes, si même elles se dissolvent dans l'eau, atteignent et par conséquent excitent aussi bien les terminaisons des nerfs du goût et même de la respiration que celles du nerf olfactif, puisque l'eau passe par l'orifice buccal et par les branchies pour la fonction respiratoire, de sorte que, si elles existent, les réactions olfactives sont compliquées par d'autres réactions, dont il est difficile de les dissocier clairement.

Ces réserves faites, appelons-en à l'expérimentation, ce souverain juge, pour savoir à quoi nous en tenir au sujet des réactions olfactives des Poissons.

EXPÉRIENCE 1. — *Teinture de musc*. — Un aquarium contenant 6 Epinoches est placé perpendiculairement au plan de la fenêtre. Les Poissons sont groupés du côté le moins éclairé comme toujours. Dix gouttes de teinture de musc sont délicatement versées dans l'eau à l'un des angles du côté opposé : les Epinoches, au bout d'un instant, arrivent dans cette région, y nagent doucement pendant un moment, puis elles s'en écartent enfin.

L'expérience a été répétée avec dix, quinze et vingt gouttes de cette même teinture. Chaque fois les Poissons y sont venus au bout de quelques minutes et, après un séjour plus ou moins prolongé, ils s'en sont enfin retournés vers leur séjour habituel.

Une Epinoche très lourde et très indifférente y venait aussi, mais bien en retard sur les autres.

EXPÉRIENCE 2. — Un aquarium à labyrinthe, contenant 11 Epinoches, est placé parallèlement au plan de la fenêtre. Le groupement se fait naturellement contre la paroi extérieure du compartiment A (voir figure 4). Dix gouttes de teinture

(1) LARGIER DES BANCEL, *Le Goût et l'Odorat*, p. 69.

de musc sont versées dans l'angle droit *a*. Au bout d'un instant, 8 Epinoches se mettent à nager et arrivent précisément vers cet angle *a* où elles s'arrêtent. Mais deux d'entre elles sont d'humeur batailleuse et pourchassent les autres. Malgré cet incident, cinq minutes après la fin du conflit, 7 individus séjournent encore dans cet angle, pourtant bien éclairé.

Pour varier l'expérience, l'aquarium, vidé et rempli à nouveau d'eau pure, est placé cette fois perpendiculairement au plan de la fenêtre. Les Epinoches sont calmes, groupées vers le mur. Quinze gouttes de teinture de musc sont versées dans l'angle de gauche du côté de l'expérimentateur : en 6 minutes, toutes les Epinoches y viennent, y nagent doucement et, par moments, se groupent exactement dans cette région.

EXPÉRIENCE 3. — L'aquarium est placé parallèlement au plan de la fenêtre. Comme toujours, les Poissons stationnent vers le mur, du côté le moins éclairé. Quinze gouttes de teinture de musc sont versées cette fois dans l'angle droit, du côté de l'expérimentateur : en 3 minutes, tous arrivent dans cet angle, s'en vont à peu de distance et y reviennent. Au bout de 10 minutes environ, ils s'en vont nageant dans l'aquarium, mais ils reviennent encore à plusieurs reprises flairer dans l'angle parfumé.

Il nous semble que ces comportements répétés ne peuvent être le simple effet d'un incompréhensible hasard, mais bien celui d'un déterminisme évident. Ils sont suffisamment démonstratifs et indiquent assez que ces Poissons, avec leurs fossettes olfactives, perçoivent certainement l'odeur du musc et, sous cette influence, réagissent positivement.

EXPÉRIENCE 4. — *Ammoniaque liquide*. — A) Ayant introduit de l'ammoniaque liquide, au moyen d'un compte-goutte, au milieu d'un groupe d'Epinoches, il ne se produit d'autre réaction qu'un écartement passager, provoqué peut-être par l'introduction un peu trop brusque de l'instrument !

A plusieurs reprises successives, de l'ammoniaque fut introduite ainsi, mais avec beaucoup de délicatesse, jusqu'à ce que l'eau sentît une assez forte odeur ammoniacale : les Poissons ne marquèrent aucune réaction très prononcée ; plusieurs individus allèrent même jusqu'à flairer la pointe du compte-gouttes

B) L'ammoniaque est ensuite introduite à doses plus fortes : les Poissons montrent, cette fois, à un moment donné, une vive agitation : ils cherchent même à s'échapper vers les parois du vase, puis vers les angles extrêmes ! Plusieurs tombent au fond, haletants, fortement incommodés ! L'aquarium est alors vidé de son eau ammoniacale et rempli à nouveau d'eau pure : bientôt les animaux reprennent leur attitude normale, sauf deux individus qui se traînent longtemps sur le sol, alourdis et ralentis.

A en juger par l'effet de l'ammoniaque sur l'homme, l'éternuement en moins, on pourrait croire que ce composé chimique produit le même résultat sur la muqueuse nasale de ces animaux aquatiques. Mais ces expériences ne paraissent pas du tout concluantes, comme réactions olfactives, car ces animaux sont certainement atteints aussi par la respiration branchiale ; et leur comportement pourrait être le double résultat de l'excitant sur les deux muqueuses, pulmonaire et nasale.

EXPÉRIENCE 5. — *Ether sulfurique*. — Un gramme d'éther sulfurique est délicatement introduit, au moyen d'un compte-gouttes, au centre d'un groupe d'Epinoches tranquilles. Naturellement, l'éther diffuse immédiatement : les animaux excités fuient de tous côtés, avec beaucoup de vivacité. Mais ici encore, il faut se poser cette question : cette excitation est-elle l'effet de l'éther sur les fossettes nasales, ou sur les organes de la respiration, ou bien encore le résultat combiné des deux ? Il paraît en tout cas difficile de pouvoir trancher la question...

EXPÉRIENCE 6. — *Asa foetida*. — Dans l'aquarium placé perpendiculairement au plan de la fenêtre, 11 Epinoches sont groupées dans l'obscurité, tournées vers le mur. De la poudre d'asa foetida, amalgamée à du baume du Pérou, est introduite très doucement au milieu du groupement. Les Poissons ont d'abord un mouvement de curiosité : ils s'approchent de la cupule infecte ; trois d'entre eux y introduisent même le museau et flairent cette substance. Puis tous s'en écartent ensuite plus ou moins vite : les uns fuient dans le sens vertical et les autres dans le sens horizontal.

A plusieurs reprises encore, l'un ou l'autre se rapprochent de l'asa foetida pour s'en écarter aussitôt. Dès le début déjà, trois

individus se sont éloignés jusqu'à l'extrémité de l'aquarium et ne sont plus revenus vers cette cupule !

Au bout de 20 minutes cependant, une certaine accoutumance paraît s'être établie. Un groupement peu compact et peu consistant se reforme petit à petit, très mobile, mais à distance au-dessus de la cupule fétide !

De cette expérience, il paraît légitime de tirer les conclusions suivantes : 1° les Epinoches perçoivent l'odeur de l'asa fœtida ; 2° cette odeur leur est désagréable et les repousse ; 3° il y a dans cette réaction, comme partout, de grandes différences individuelles.

EXPÉRIENCE 7. — Deux aquariums parfaitement égaux sont accolés de façon que leur ligne de séparation soit exactement perpendiculaire au plan de la fenêtre ; la lumière se trouve ainsi également distribuée de part et d'autre sur les vases. Dans les angles A et B qui forment le milieu du côté le moins éclairé, sont groupés deux lots de 4 Epinoches chacun ; celles qui sont en A ont subi l'anesthésie des fossettes olfactives par un badigeon à la cocaïne ; celles qui sont en B, au contraire, sont intactes, indemnes de badigeon.

Deux morceaux de ciment exactement pareils, tous deux imbibés de poudre d'asa fœtida, sont délicatement introduits, l'un à gauche, l'autre à droite. Que se produit-il ?

Au moment de l'introduction du ciment par la main, les Epinoches s'écartent un peu, mais elles reviennent presque aussitôt se regrouper dans leur angle respectif.

Puis, peu à peu, en l'espace de cinq minutes environ, toutes les « non insensibilisées » s'écartent du ciment infect, s'en vont le long de la paroi mitoyenne, orientées vers l'angle le plus éloigné. Après un quart d'heure, deux d'entre elles reviennent vers l'angle infect et s'en écartent à nouveau pour se tenir à distance cette fois.

Les cocaïnisées, au contraire, s'immobilisent dans l'angle à gauche, se couchent même sur la plaque de ciment fétide ! La même expérience, tentée sur des *Cyprins* et ensuite sur des *Tanches*, donne exactement le même résultat, mais, il faut ne pas l'oublier cependant, avec une différence d'intensité dans la répulsion, ce qui est dû à la différence de nature de ces espèces. Mais le fait lui-même est bien évident : les Tanches et les Cyprins

dont la membrane olfactive a été anesthésiée ne se sont pas écartés de l'asa foetida, alors que les non-anesthésiés s'en vont visiblement éloignés. On pourrait objecter que l'immobilité des anesthésiés provient justement de la cocaïne, comme cela arrive lorsque l'on emploie cette substance à dose un peu forte — ce que nous avons constaté souvent —; mais ce n'est pas le cas ici, puisque la dose de cocaïne était légère et permettait aux animaux de se mouvoir.

Cette expérience ne semble-t-elle pas concluante ?

EXPÉRIENCE 8. — *Acide thymique et chlorhydrate d'ammoniaque expérimentés sur une Perche.* — Un morceau d'acide thymique est placé dans l'angle gauche d'un aquarium et un morceau de chlorhydrate d'ammoniaque, dans l'angle droit. Une Perche qui se trouve au centre de l'aquarium se dirige bientôt vers l'acide thymique qu'elle finit par toucher même de son museau : elle s'immobilise dans cette position. L'expérience est renouvelée : elle donne les mêmes résultats que la première fois !

Ces corps chimiques sont alors interchangeés : l'acide thymique est placé à droite et le chlorhydrate à gauche, sans déranger l'animal de sa position. Celui-ci, cette fois, ne bouge pas. Mais au bout d'environ 5 minutes, visiblement incommodé, il recule, il fuit, il se trémousse et s'écarte en agitant la tête.

Finalement, il fait le tour du vase en titubant, comme en état d'ébriété ! Placé dans l'eau courante, il plonge fortement de la tête et il penche sur le flanc... Il n'y a ni ralentissement ni collement des nageoires. Le déséquilibre observé est certainement dû à une intoxication par le chlorhydrate d'ammoniaque ou par l'acide thymique, ou bien encore par l'action combinée de ces deux corps probablement. Dans l'eau courante, l'animal reprend peu à peu son état normal.

Cette expérience semble bien démontrer aussi l'attirance et la répulsion que certains corps chimiques exercent sur l'organe olfactif, comme sur d'autres organes de ces animaux.

EXPÉRIENCE 9. — *Teinture d'aloès.* — De la teinture d'aloès est introduite sous un groupement d'Epinoches très calmes. Naturellement la teinture se diffuse dans l'eau : les Epinoches s'en écartent visiblement. Mais au bout de quelques minutes,

elles deviennent très agressives et se pourchassent violemment dans l'aquarium. L'expérience répétée donne les mêmes résultats. Il y a là évidemment production d'un phénomène d'excitation. Est-ce une coïncidence des effets d'une cause inconnue avec ceux de l'aloès ? Ou bien, est-ce le simple effet de l'emploi de l'aloès ? Est-ce l'organe olfactif ou l'organe du goût qui a été particulièrement affecté ? Sont-ce les deux ensemble peut-être ? Malheureusement cette expérience ne donne pas une réponse claire à cette question. Peut-être pourrait-on le savoir en la répétant à maintes reprises et en comparant ces Epinoches à d'autres dont on aurait préalablement anesthésié la membrane pituitaire ?...

EXPÉRIENCE 10. — *Cyprins*. — Trois Cyprins sont groupés contre la paroi d'un aquarium, naturellement du côté le plus obscur. De l'asa foetida est délicatement introduit près d'eux : ils s'en écartent et s'en vont dans la partie opposée. Ils se comportent de la même façon avec l'éther, avec l'ammoniaque et avec la teinture d'aloès, mais moins rapidement toutefois. Leurs fossettes nasales sont ensuite légèrement anesthésiées au moyen d'un badigeon au chlorhydrate de cocaïne : ils ne fuient plus dès lors l'asa foetida introduit tout près d'eux, dans une cupule en verre ; ils se posent même sur celle-ci sans manifester aucune répulsion....

EXPÉRIENCE 11. — *Essence de girofle*. — Quatre Tanches et onze Epinoches se trouvent ensemble dans un aquarium. Une boulette de coton imbibée d'essence de girofle est déposée près d'eux à 9 h. 1/2. Les Poissons paraissent attirés par cette odeur : ils se rapprochent visiblement de ce côté ; mais bientôt l'accoutumance se produit et ils deviennent indifférents. A 11 h. 1/2, une grosse boulette de coton, fortement imbibée de la même essence, est placée au fond de l'aquarium. Les Tanches s'en écartent les premières, puis, peu à peu, les Epinoches en font autant. A deux heures, à ma rentrée au laboratoire, quel ne fut mon étonnement !... Les quatre Tanches sont couchées sur le flanc, absolument inertes ! Les Epinoches sont, elles, immobiles au fond du vase et c'est à peine si quelques-unes d'entre elles, lorsqu'on les touche, agitent très légèrement leurs nageoires pectorales !

Toutes ces insensibilisées sont alors jetées dans l'eau courante. Les Tanches commencent à s'agiter au bout de 19 minutes; elles mettent plus de 20 minutes à se remettre en état normal. Les Epinoches se remettent moins vite.

L'essence de girofle, après les avoir attirées, les a repoussées : elle a fini par produire sur elles l'effet d'un anesthésique, sans provoquer du reste ni décoloration ni autre perturbation quelconque.

EXPÉRIENCE 12. — *Le camphre*. — Un morceau de camphre est placé au milieu d'un groupement de Tanches. Celles-ci semblent le flairer un instant, puis elles s'en écartent, mais elles y reviennent et finissent par s'immobiliser au-dessus de lui. Au bout d'une heure environ, l'eau dégage une forte odeur de camphre : à ce moment les Tanches se montrent vives et agitées : elles frétilent et nagent avec agilité, alors qu'elles sont très calmes de leur nature à la température habituelle du laboratoire. Enfin, placées dans l'eau courante, elles se calment rapidement.

Ces deux dernières expériences tendraient à démontrer que des odeurs attirant les Poissons quand elles sont légères, les repousseraient lorsqu'elles sont fortes : il existerait donc, semble-t-il, un optimum pour les odeurs comme pour la température, par exemple. Tout en nous gardant de tout anthropomorphisme, ne devons-nous pas remarquer à ce propos que quelque chose de semblable se passe pourtant chez l'homme ? Nous supportons mal les parfums trop forts, même s'ils nous sont agréables lorsqu'ils sont faibles ; de même, si nous aimons une chaleur modérée — degré de chaleur optimum pour nous, — nous fuyons le froid et le chaud excessifs.

De toutes ces expériences, il ressort, nous semble-t-il, que les Vertébrés aquatiques, ceux du moins que nous avons examinés, perçoivent fort bien les corps odorants ; qu'ils sont attirés par les uns, repoussés par les autres, ou même attirés et repoussés par des doses différentes de la même substance.

CHAPITRE IV

Réactions Gustatives.

La remarque générale faite au sujet de l'odorat doit être renouvelée ici ; car il est très difficile, nous l'avons vu, de discriminer ces deux sensations. Même en anesthésiant les fosses nasales pour écarter le sens ou mieux le facteur « odorat », est-on bien sûr que l'anesthésie soit suffisante et même, si elle l'est, qu'elle ne soit pas un facteur de perturbation pour l'organe du goût ? Mais ces craintes cependant ne doivent pas arrêter nos recherches ni paralyser nos efforts pour découvrir un peu plus de vérité, si possible. Quoi qu'il en soit, voici le résultat d'un certain nombre d'expériences, en tenant compte naturellement des réserves qui viennent d'être formulées.

EXPÉRIENCE 1. — Trois petites cupules en verre, d'égale grandeur, sont introduites dans le fond d'un aquarium, du côté le plus éclairé, c'est-à-dire du côté le plus distant du groupe des Epinoches.

Dans la première, il y a les vers acidulés à l'acide chlorhydrique ; ces vers sont vivants mais calmes.

Dans la deuxième, il y a des vers trempés dans de l'eau salée (chlorure de sodium) : ils sont vivants, très vifs et mouvementés.

Dans la troisième, il y a des vers trempés dans de l'eau ammoniacale : ceux-là sont morts.

Les Poissons n'abordent pas cette dernière cupule. Ils se portent par contre vers les deux premières, surtout vers la deuxième où les vers s'agitent en tous sens. Ils happent ceux qui s'élèvent et dépassent le bord supérieur du vase.

Un seul plonge vers la proie du fond et encore, semble-t-il le faire par hasard, car il ne recommence pas le jeu. Tous les autres heurtent plus ou moins violemment l'étroite cupule, et après environ un quart d'heure, comme découragés, ils renoncent à poursuivre une proie trop difficile à saisir. Ils agissent de même autour de la première cupule ; mais ils sont moins vifs et moins nombreux.

Les vers sont alors retirés, placés dans une cupule plus large et réintroduits au fond de l'aquarium : le lendemain tous étaient dévorés, sauf les morts qui n'avaient pas été touchés.

De nouveau vers sont placés dans cette large cupule : les Poissons s'en approchent, heurtent leur museau au verre à une ou deux reprises et s'en vont sans autre effort, nageant au-dessus des vers.

Au bout de 7 minutes cependant, une Epinoche jeune et vive descend dans la cupule, l'examine, sans toucher aux vers ! Elle se relève, et, avec une vivacité incroyable, chasse et pourchasse toutes les autres. Elle les repousse même jusqu'à l'autre extrémité de l'aquarium, régnant comme une maîtresse souveraine, comme une véritable et acharnée propriétaire des vers ! Elle plonge alors de temps à autre, avale un ver, et, entre deux, se relève pour la défense de son trésor !

Cette attitude que je ne sais trop comment qualifier — jeu d'égoïsme ou instinct féroce de la propriété ? — qu'il m'est arrivé de constater trois fois dans mes recherches, m'étonna d'autant plus que les Poissons n'étaient pas affamés, car ils avaient été bien nourris la veille : rien donc ne faisait prévoir qu'un individu, hardi pirate, s'érigerait ainsi en voleur ou en propriétaire aux dépens de la collectivité ! Mlle Goldsmith avait déjà fait une observation, à peu près identique, qu'elle a relatée dans sa thèse de doctorat (1).

Une cupule différente de la première, contenant des vers, est alors placée sous le groupe des pourchassées. Celles-ci plongent bientôt et pêchent des vers. La « propriétaire y vient aussi ; mais, hésitante, elle ne plonge pas cependant : au lieu de disputer la proie en ennemie, elle retourne à ses vers !

En ce moment, j'interchange les cupules : la propriétaire ne suit pas la sienne et, chose curieuse, elle manque dès lors d'assu-

(1) M^{lle} GOLDSMITH, *Thèse de Doctorat*, p. 31.

rance pour garder la nouvelle ! Puis enfin la tolérance s'établit et tout finit par rentrer dans l'ordre. Ce phénomène dura environ une demi-heure.

Que tirer de cette observation et de cette expérience ? — Les Epinoches préfèrent-elles le salé à l'acide et l'acide à l'ammoniacque, ou bien sont-elles simplement attirées par le mouvement des vers qui ont tous la même couleur ? Cette expérience ne nous le dit pas. Par contre, nous y voyons clairement que ces Poissons distinguent fort bien la proie vivante de la proie morte et préfèrent celle-là à celle-ci ! D'autre part, on voit aussi qu'ils apprennent à plonger.

EXPÉRIENCE 2. — Des vers de vase trempés dans différentes solutions, eau salée, eau acidulée, eau ammoniacale, teinture d'aloès, sont présentés aux Epinoches dans différentes cupules, simultanément. De prime abord, les Poissons abordent toutes les cupules et mordent aux vers qu'elles renferment. Mais, après les premiers essais, ils ne touchent plus à ceux trempés dans la teinture d'aloès et ils s'en écartent très visiblement ! Les reconnaissent-ils à l'odeur, à la vue et au goût ? Ils pouvaient, semble-t-il, les reconnaître à la vue, puisque ces vers étaient recouverts d'un léger précipité vert jaunâtre ; mais comme ni l'odeur ni l'aspect ne les avaient écartés au début, il paraît naturellement légitime de conclure que le goût seul leur répugnait et les écartait.

EXPÉRIENCE 3. — Des vers de vase trempés dans différentes solutions, amère, alcaline, salée et acide, sont présentés en même temps à des Cyprins et à des Epinoches ; voici les résultats obtenus :

Teinture d'Aloès	{	les Cyprins n'y touchent pas ;
		les Epinoches y mordent, puis les lâchent et ne tentent plus d'y toucher.
Chlorure de sodium	{	les Cyprins les mangent ;
		les Epinoches les mangent aussi ;
Eau amoniacale	{	les Cyprins les flairent et les laissent ;
		les Epinoches les mordent et les lâchent.

Eau acidifiée	{	les Cyprins n'y touchent pas ; les Epinoches y mordent, elles les lâchent et, après un instant, elles les mangent.
---------------	---	---

Cyprins et Epinoches ont donc montré leur préférence pour le goût salé et de la répugnance pour les autres, répugnance moins marquée chez les Epinoches que chez les Cyprins. On voit très bien que ces différentes substances sapides ont une action marquée sur l'organe du goût des Poissons et que l'intensité de cette action est différente pour chaque substance.

EXPÉRIENCE 3. — Des Epinoches nagent dans un grand aquarium ; des vers de vase leur sont présentés en dehors des parois extérieures ! Ils sont vus à la distance de 30 et même de 40 centimètres : il faut donc en revenir de l'idée que les Poissons sont myopes, puisqu'ils sont à même de distinguer un petit objet à une distance égale à 7-8 fois la longueur de leur corps. Mais cela dit en passant, revenons à l'expérience. Deux cupules, contenant des vers, sont déposées dans deux angles de l'aquarium : dans l'une les vers sont naturels ; dans l'autre, ils sont fortement parfumés à l'essence de girofles. Après plusieurs tentatives infructueuses contre les parois des cupules, les Epinoches finissent par plonger dans les deux. Mais tandis qu'elles avalent les vers naturels, elles lâchent, aussitôt après y avoir mordu, ceux qui sentent le goût du girofle. Il est à remarquer que l'odeur seule, pourtant très forte ne les avait pas repoussés.

EXPÉRIENCE 5. — A l'angle droit d'un grand aquarium, des vers de vase sont introduits dans une cupule colorée en jaune. Après quelques tentatives sur les bords, les Epinoches plongent et saisissent des vers. Ceux-ci reçoivent quelques gouttes d'essence de girofle : les Poissons plongent encore, mordent à la proie, mais la lâchent aussitôt et quittent la cupule !

Une cupule non colorée, dans laquelle il y a des vers, est ensuite introduite dans l'angle gauche : aussitôt les Poissons s'y amènent vers la proie. Les cupules sont ensuite interchangées ; la jaune, au goût de girofle, est placée à gauche ; celle en verre transparent, inodore, à l'angle droit : quelques indi-

vidus plongent encore dans la jaune, mais ils ne touchent pas à la proie et l'abandonnent ; par contre tous vont à la proie indemne de goût.

La cupule en verre transparent est vidée ; les vers au goût de girofle y sont versés : les Poissons s'en approchent, font mine d'y plonger, mais n'y touchent même pas ! Dans cette expérience, on voit que les Epinoches abordent, de prime abord, les vers parfumés à l'essence de girofles, les goûtent et les abandonnent ensuite. Elles reconnaissent ces vers, après expérience, à leur odeur sans doute, et dès qu'elles la sentent, elles n'y touchent plus !

Les Poissons se guident donc ici par le goût et par l'odorat ; ils acquièrent de l'expérience ; ils enregistrent des souvenirs ; l'odeur du girofle les attire, mais ce goût leur inspire une répulsion bien marquée !

EXPÉRIENCE 6. — Les Epinoches n'ont rien mangé depuis neuf jours. Des vers de vase leur sont offerts dans cinq cupules différentes, après avoir séjourné pendant un quart d'heure dans les solutions suivantes :

teinture alcoolique de gentiane (alcool à 75°);
eau salée : NaCl 2 gr., eau 40 gr.;
eau acidulée : acide acétique 2 gouttes, eau 50 gr.;
eau alcaline : bicarbonate de soude 1 gr., eau 50 gr.;
eau sucrée : sucre candi 2 gr., et eau 40 gr.

Les vers n'ont pas été comptés; cela naturellement diminue pour autant la valeur de l'expérience. La préférence constatée *de visu* nous a paru être la suivante, par ordre décroissant :

eau sucrée;
eau salée;
eau acidulée;
eau bicarbonatée;
teinture de gentiane.

Le soir, avant de quitter le laboratoire, des vers sucrés et des vers gentianés sont placés au fond d'un aquarium où reposent des Tanches ; le lendemain tous ces vers étaient dévorés.

Ces deux essais ne nous donnent pas satisfaction : nous voulons serrer l'expérience de plus près.

EXPÉRIENCE 7. — Cette fois sont comptés les vers donnés, le nombre de vers dévorés et le temps employé à leur disparition. L'expérience est faite avec les Tanches d'abord pour le sucre et la gentiane; ensuite avec les Epinoches pour l'amer, l'acide, le salé, l'alcalin et le sucré. Voici les résultats obtenus :

Tanches :

9 heures	12 heures	6 heures
vers sucrés..... 16	vers dévorés.... 16	reste..... 0
vers gentianés.. 16	— — 8	— 0

Les Tanches ont donc clairement marqué leur préférence pour le doux ; mais, à défaut de sucré, elles dévorent aussi bien l'amer.

Epinoches:

	9 h.	12 h.	6 h.
macération de gentiane.....	10 vers	8 vers	9 vers
acide acétique (4 gouttes, eau 40 gr.).	10 —	10 —	0 —
chlorure de NA (2 gr., eau 40 gr.)....	10 —	5 —	4 —
bicarbonate de NA (2 gr., eau 50 gr.).	10 —	8 —	8 —
sucres candi (2 gr., eau 40 gr.).....	10 —	8 —	6 —

Cette expérience est intéressante en ce qu'elle indique que les Poissons réagissent différemment envers les différentes substances affectant leur goût, mais que ces réactions subissent des modifications par l'intervention de divers facteurs. Ainsi dans l'expérience n° 6, les Epinoches préféraient le sucre à la gentiane; dans l'expérience n° 7, elles goûtent d'abord à la gentiane à l'égal du sucre, puis six heures après, elles ont complètement dévoré les vers gentianés et laissé plus de la moitié des vers sucrés ! D'où provient cette différence ? Remarquons que dans la gentiane de l'expérience n° 6 on s'est servi de la teinture, dans laquelle il y a de l'alcool; tandis que dans la gentiane de l'expérience n° 7, il n'y a que de l'eau, c'est là une macération, d'où différence de déterminisme naturellement.

D'autre part, remarquons aussi que le sucre recherché dans l'expérience n° 6, est presque délaissé dans l'expérience n° 7. Tout en nous gardant de toute idée anthromorphique, nous devons observer cependant que le sucre, généralement fort goûté d'abord par l'homme qui n'en a pas l'habitude, lui répugne bientôt dès qu'il en a quelque peu fait usage. Le même

phénomène se reproduit simplement ici chez des Vertébrés inférieurs.

D'autre part encore, l'acide acétique qui répugnait aux Poissons à midi, ne leur répugne plus du tout à six heures du soir. Quelle est donc la cause de ce revirement ? Très probablement la cause se trouve dans le fait que cette substance très soluble avait, dans l'intervalle, suffisamment diffusé dans la masse d'eau et que, moins marqué, ce goût acide convenait enfin aux animaux; car après tout, n'oublions pas que tout est affaire de dosage.

CONCLUSION : de ces expériences dont les résultats manquent certainement de la précision désirée, il faut le reconnaître, il n'en ressort pas moins cette indication générale que les Poissons, en ce qui concerne les Tanches et les Epinochs du moins, perçoivent la différence de sapidité des substances alimentaires; mais l'action de celles-ci paraît varier sous l'influence de multiples facteurs tels que, par exemple, le dosage, la solubilité, la répétition, la saturation.

Il est à noter qu'une des substances employées, nous ne savons laquelle, a été toxique, car deux jours après ces expériences, trois Epinoches sont mortes, complètement décolorées !

Pour nous en rendre compte, il eût fallu recommencer une expérimentation dans une autre direction, ce qui ne rentrait pas dans le plan de ce travail.

CHAPITRE V

Réactions Tactiles.

Nous l'avons vu déjà, les auteurs comme Sauvage et Kunckel refusent presque la sensation tactile aux téguments des Poissons, à cause des écailles qui recouvrent leur corps. « Par la nature même des téguments, leur tact est fort obtus, disent-ils. La peau est en effet presque toujours protégée par des écailles » (1) Ces auteurs relèguent alors ce tact sur certaines parties spéciales comme les lèvres, les barbillons et divers autres appendices particuliers.

Ils sont, en cela, à peu près d'accord avec Mlle Edwards qui reconnaît aux Poissons même une sensibilité tactile très développée dans certaines parties du système tégumentaire, comme les lèvres et les barbillons, dont il fait pour ainsi dire l'organe du toucher actif, et aussi dans d'autres appendices variés, souvent digitiformes, servant à la fois à la locomotion et au tact. (2)

L'argument aprioristique dont se servent Sauvage et Kunckel contre la sensibilité tactile des téguments des Poissons, quoique vraisemblable du moins en apparence, n'est certainement pas une démonstration et il est bien loin d'être convaincant. En effet, il suffit de rappeler la constitution histologique des téguments de ces Vertébrés pour être persuadés qu'ils peuvent parfaitement être doués de sensibilité. Il ne faut pas oublier que la peau des Poissons, toujours très mince, est composée aussi d'un derme et d'un épiderme. Celui-ci n'a pas de couche

(1) SAUVAGE et KUNCKEL, *Les Poissons*, p. 25.

(2) Milne EDWARDS, *Leçons de Physiologie*, t. III, p. 430.

cornée comme celui des Vertébrés aériens et n'est composé que de cellules vivantes. Le derme, il est vrai, engendre, par ses nombreuses papilles, les écailles innombrables de formes variées, plus ou moins dures, qui sont la caractéristique des téguments des Poissons. Mais il faut se rappeler que de nombreuses expansions nerveuses s'enchevêtrent dans ce derme et que de nombreux filets terminaux pénètrent jusqu'au-dessous même des stratifications cellulaires épidermiques et jusqu'au centre même de l'écaille, dont la pulpe est souvent « riche en vaisseaux et en nerfs ». Dès lors, en se basant seulement sur une argumentation aprioristique, on ne pourrait rationnellement dénier la sensibilité tactile aux Poissons. Mais ici comme partout, le meilleur moyen de se renseigner aussi exactement que possible, c'est encore de recourir à la méthode expérimentale.

EXPÉRIENCE 1. — *L'attouchement.* — L'attouchement avec une aiguille ou une pointe en métal ne réussit pas bien, car l'animal aperçoit l'approche de l'instrument et s'enfuit souvent avant même qu'on ait pu l'atteindre. On ne peut donc ainsi faire aucune observation sérieuse.

Il faut se servir d'une autre méthode. Nous avons imaginé d'extraire au bec de gaz, de longues aiguilles en verre très fines et naturellement transparentes, qui échappent ainsi à peu près complètement à la vue des animaux. Ce genre d'instrument n'est pas parfait, loin de là : il est très fragile et il se brise parfois au moindre contact; il faut donc agir avec les plus grandes précautions et avoir sous la main quelques-unes au moins de ces aiguilles lorsqu'on procède à une expérience.

Avec des aiguilles ainsi préparées, nous avons frôlé et touché plus ou moins doucement les téguments des diverses régions du corps de quelques espèces de Poissons, Epinoches, Cyprins, Tanches et Perches. Evidemment, les espèces ne sont pas sensibles au même degré : les Perches nous ont paru, en général, avoir la sensibilité la plus obtuse; les Epinoches la plus aiguë et la plus excitable. Mais si aucune région de la peau ne s'est montrée complètement insensible, les différentes régions présentent cependant des différences considérables de sensibilité ! Ces régions sont, en somme, les mêmes pour les différentes

espèces. Les parties les plus sensibles sont les pourtours de la bouche, les barbillons lorsqu'ils existent, le pourtour des yeux, les nageoires dorsales, caudales et pectorales ; toutes les parties écailleuses, par contre, présentent une sensibilité moindre au frottement et à l'attouchement d'une pointe invisible ; aucune cependant ne s'est montrée complètement insensible au contact de l'instrument.

EXPÉRIENCE 2. — *Le choc*. — Le choc a été expérimenté de deux façons : 1° par régions sur le corps de l'animal ; 2° par choc d'ensemble par des coups frappés contre le vase ou la table. Le choc sur les téguments était, en quelque sorte, un attouchement brusque au moyen d'une aiguille en verre, dont le bout était préalablement arrondi en petite boule ou en une forme obtuse quelconque. Une expérimentation de ce genre n'est vraiment pas facile parce que l'on ne peut pas mesurer notre propre mouvement de la main ; il arrive, malgré soi, de frapper plus ou moins fort sans le vouloir. Il nous a paru cependant, dans l'ensemble, que la sensibilité au choc est superposable à celle que l'on rencontre dans le frôlement et dans l'attouchement, tant en ce qui concerne les différentes régions du corps qu'en ce qui concerne les différences spécifiques.

Le choc d'ensemble, par des coups brusques contre le vase ou contre la table, produit une brusque descente des animaux dans la profondeur ; on observe chez eux du trouble, de l'hésitation, comme de la peur, comme un brusque arrêt des mouvements, dont ils se remettent du reste assez facilement. Cette réaction diminue d'intensité par la répétition des chocs extérieurs.

En somme, le choc sur les téguments provoque la fuite, alors que le choc du vase produit un mouvement de descente vers le fond.

EXPÉRIENCE 3. — *La piqure*. — Expérimentée sur les quelques espèces de Poissons que nous avons signalées, et au moyen des mêmes fines pointes en verre, la piqure ne nous a pas donné de résultats sensiblement différents de ceux obtenus avec les attouchements, frôlements et chocs des régions. Tout au plus on observe une réaction un peu plus rapide, sur les flancs recouverts d'écailles, que celle due au simple contact.

EXPÉRIENCE 4. — *La température.* — Les Poissons sont relativement très sensibles à l'action de la chaleur. Les Epinoches sont vives, alertes à la température du laboratoire, en hiver, dont l'eau est de 12 à 14 degrés centigrades; par le refroidissement il se produit chez elles un engourdissement proportionnel à l'abaissement de la température du milieu. Au contraire, par l'augmentation de la chaleur jusque vers les 25° C., il se produit une augmentation de la vivacité dans les mouvements. Les Tanches réagissent très difficilement à la température de 12-14° C., alors qu'elles réagissent déjà bien vers les 20° C. C'est dire qu'il existe un degré de température optimum pour chaque espèce.

En tout cas, toutes les observations concordent à indiquer que les Poissons sentent très bien la chaleur ambiante; leurs mouvements prouvent qu'ils sont à l'aise entre tel et tel degrés de chaleur, au-delà desquels ils se ralentissent ou deviennent anormaux et irréguliers. Toutes nos expériences en ce domaine corroborent la justesse de cette affirmation de M. le Professeur E. Rabaud : « Les températures externes ne s'appliquent pas à un organisme quelconque. Pour chacun d'eux existe un minimum et un maximum, avec un optimum. Au-dessus de l'optimum, l'organisme est attiré par la température la moins élevée; au-dessous, par la plus élevée : attraction et répulsion ne sont que relatives ». (1)

EXPÉRIENCE 5. — *Les courants d'eau.* — Les Poissons sentent les courants d'eau, même très faibles; ils paraissent les sentir encore davantage si on fait passer un courant d'eau plus chaude ou plus froide que celle de l'aquarium. Dès que le courant a une certaine intensité, les Poissons nagent à contre-courant et ils s'efforcent de lutter contre lui : ce comportement est général, autant du moins que nous avons pu en juger par nos expériences; l'animal n'abandonne la lutte que lorsque ses forces ne sont plus à même de pouvoir équilibrer l'intensité du courant d'eau ! Que le courant soit rectiligne ou circulaire, le comportement est identique; mais dans un courant vertical, c'est-à-dire une chute d'eau, nous n'avons jamais vu l'animal se relever tout à fait verticalement. Quoi qu'il en soit, ces animaux per-

(1) E. RABAUD, *Eléments de Biologie générale*, p. 296.

çoivent très bien l'action et le sens des courants puisqu'ils réagissent toujours contre eux.

EXPÉRIENCE 6. — *La pression.* — Qu'elle soit forte ou légère, les Poissons sentent très bien la pression qui se produit sur leur corps par un objet quelconque. Légère, elle peut être comparée soit à un attouchement, soit à un choc léger; elle produit les mêmes réactions et rencontre la même excitabilité dans les mêmes régions. Forte, elle intéresse les régions profondes de l'organisme, la masse de la musculature sous-cutanée. Cette dernière pression paraît beaucoup plus exciter l'animal dans la région postérieure que la région antérieure : il y a même une région thoracique où la pression produit l'immobilisation de l'animal. Cette curieuse expérience que Mlle Cousin, l'aimable assistante du Laboratoire de Biologie de la Sorbonne, nous avait signalée chez les Tritons et que M. le Prof. Rabaud a étudiée chez les Insectes, nous l'avons répétée de nombreuses fois chez les Epinoches : en pressant convenablement leur thorax, entre l'ouverture branchiale et les nageoires pectorales, au moyen d'une pince, et pendant un temps suffisamment long, ces animaux deviennent complètement immobiles et peuvent rester ainsi relativement longtemps dans une eau tranquille. Mais il suffit de pincer ou même de presser légèrement la queue, ou une nageoire, pour remettre l'organisme en mouvement. C'est là le phénomène de l'immobilisation réflexe. (1)

(1) E. RABAUD, *L'immobilisation réflexe et l'activité normale des arthropodes.*

CHAPITRE VI

Courant Electrique et Chromatisme.

EXPÉRIENCE 7. — *Le courant électrique.* — Le courant électrique agit très vivement sur les Poissons. Evidemment, en plaçant ici quelques observations à ce sujet, cela veut dire que l'action du courant n'agit pas que sur les téguments et sur le tact des animaux. Cette action est sans aucun doute une action d'ensemble sur l'organisme qui, par son système nerveux, réagit et s'oriente très clairement vers l'anode sous l'influence du courant électrique; mais les expansions nerveuses de l'organe du tact sont évidemment les premières atteintes. Cela nous amène à classer ces phénomènes sous cette rubrique spéciale.

Voici, exposé par quelques croquis, le comportement de ces animaux dans des cristallisoirs que traverse le courant, dont nous pouvons changer la direction à volonté. Ces croquis, pris pour ainsi dire sur le vif, sont très exacts : ils rendent mieux compte de la direction suivie par les organismes qui ne le ferait une description, semble-t-il (fig. 8).

Les Epinoches subissent une brusque agitation à l'ouverture et à la fermeture du courant ; elles sont immobiles tant que celui-ci dure, orientées très exactement vers le pôle positif à partir de $1/5$ milliampère jusqu'à $1\ 1/5$. A partir de $1\ 3/5$ milliampère elles ne réagissent déjà plus ou bientôt plus. Il est probable qu'au bout d'un instant le courant a provoqué dans l'organisme de telles perturbations physico-chimiques que le comportement envers l'excitant en est complètement modifié. Ces modifications du reste nous paraissent dues à la longueur

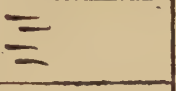
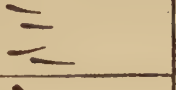
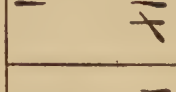
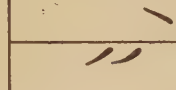
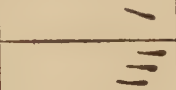
1/5 milliamp.	-		+		-	
2/5 milliamp.	-		+		-	
3/5 milliamp.	-		+		-	commencent à se coucher sur le flanc.
4/5 milliamp.	-		+		-	se couchent sur le flanc.
1 milliamp.	-		+		-	se couchent sur le flanc.
1 1/5 milliamp.	-		+		-	
1 2/5 milliamp.	-		+		-	
1 3/5 milliamp.	-		+		-	épines dressées.
1 4/5 milliamp.	-		+		-	peu sensibles.
2 milliamp.	-		+		-	presque insensi- bles; décolorés.

FIG. 8.

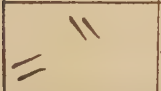
6 milliamp.	7 milliamp.	7 1/2 milliamp.	8 milliamp.
			
			
			
			

FIG. 9.

du temps des expériences plutôt qu'à l'intensité du courant. En effet, une autre expérience, très rapidement menée, avec un courant bien plus intense, n'a pas donné les mêmes résultats; voici les effets d'un courant bien plus fort (fig. 9).

A remarquer qu'à 8 milliamp., les Epinoches commençaient à avoir une grande difficulté à se retourner; leurs épines étaient dressées et le corps était décoloré !

Voici encore à titre de comparaison, le comportement de deux Carpes, très fortes, de 20 centimètres environ de longueur :

1 milliampère.	-	||	+	==	-
2 milliampères.	-		+	==	-
3 milliampères.	-		+	==	-
4 milliampères.	-		+		-

FIG. 10.

Ces Carpes, très solides en comparaison des Epinoches, réagissent d'une façon on ne peut plus caractéristique; mais elles se montrent bien peu résistantes à l'influence du courant. C'est là du galvanotropisme positif le plus pur, pour parler le langage de Loeb : il y a là une sensibilité particulièrement évidente et une orientation très marquée et positive sous l'influence du courant électrique. Nous nous demandons, en passant, si ce galvanotropisme n'est pas un facteur puissant et trop ignoré des migrations des poissons, sensibles vraisemblablement à l'influence des grands courants magnétiques terrestres ? Mais pourquoi ces Poissons orientent-ils leur tête du côté de l'anode ? Pourquoi sont-ils insensibles ou du moins très peu sensibles au-dessous d'une telle intensité du courant, et deviennent-ils aussi insensibles au-dessus d'une telle autre intensité ? Pourquoi les Epinoches sont-elles déjà insensibles à 2 milliamp, alors que, une autre fois, leurs congénères supportent bien des courants de 6-8 milliamp. ? Au fait, nous ne saurions répondre avec assurance à ces questions et nous ne pourrions résoudre avec

satisfaction, ici, ces problèmes qui vraiment ne rentrent pas dans le cadre des recherches que nous poursuivons en ce moment.

EXPÉRIENCE 8. — *Le chromatisme*. — Les phénomènes si curieux de chromatisme peuvent, nous semble-t-il, se rattacher à cette brève étude des réactions produites dans le tissu tégumentaire, siège du tact, puisque c'est au sein même de ce tissu qu'ils se manifestent, quels qu'en soient du reste les causes et les processus ! Il y aurait à ce sujet une très longue et très intéressante étude à faire, même après les nombreux et très remarquables travaux accomplis jusqu'à ce jour. Le cadre restreint de notre travail, qui est bien loin du reste de traiter uniquement de cette question, ne nous permet d'en donner qu'un très court aperçu.

Le phénomène du changement de couleur de certains animaux est connu depuis fort longtemps, puisque les Anciens déjà, comme Aristote et Pline, l'ont mentionné. Mais ce n'est qu'au siècle dernier que Bruke (1852) et Pouchet (1876) ont commencé à l'étudier scientifiquement. Depuis, des savants comme Ballowitz (1893), Eberth (1893) et plus récemment Mast, Rabaud et Millot poursuivent, par l'expérimentation, des recherches sérieuses en vue d'expliquer ce phénomène. Chose assez étrange, la cause en fut presque uniquement attribuée à une excitation du nerf optique; d'autres causes, bien que reconnues, ont été à peine signalées en passant et à peu près laissées dans l'ombre !

Le changement de couleur serait dû à des cellules contractiles, les chromatophores, chargées de différents pigments, qui se contractent ou se dilatent sous l'influence du système nerveux, mis en branle par une excitation visuelle ou, comme nous allons en donner des preuves, par un autre excitant.

« Les causes naturelles qui provoquent la contraction ou l'expansion des chromatophores par voie indirecte, dit Millot, c'est-à-dire qui agissent par l'intermédiaire du système nerveux sont avant tout les états psychiques et les excitations rétiennes ». (1)

(1) Jacques MILLOT, *Le pigment purique chez les Vertébrés inférieurs*. Bull. biol., 1923, p. 330-332.

Et il ajoute : « l'influence de la lumière sur les cellules pigmentaires par l'intermédiaire de l'œil est absolument certaine... un animal aveuglé a perdu toute faculté d'adaptation chromatique. »

« Le principal de l'œuvre de Pouchet, dit à son tour E. Rabaud, consiste surtout à avoir mis en évidence le mécanisme de la variation chromatique. Après avoir montré l'existence de chromatoblastes de diverses couleurs, en nombre variable suivant les espèces, il prouve que l'expansion ou la rétraction de ces chromatoblastes dépendent des excitations reçues par la rétine. Un turbot aveuglé conserve invariablement un gris uniforme ». (1)

D'après Mast, qui a beaucoup expérimenté sur les Poissons au point de vue de leur changement de coloration en fonction du milieu, mais dont les données paraissent trop empreintes de finalisme, le chromatisme est dû à des pigments des chromatophores qui se concentrent ou s'étendent de façon à couvrir des surfaces plus ou moins grandes. Ces réactions sont réglées par des stimulus oculaires; les animaux aveuglés ne présentent plus aucune stimulation du fond, ce qui prouve que les changements de coloration sont dus à des excitations du nerf optique. (2)

« Il est évident, dit Regnard, que ce changement de couleur est un acte, volontaire ou non, mais que de toute façon, il dépend du sens de la vue, la qualité lumineuse du fond ne pouvant arriver à l'animal que par cette voie..... en résumé, ajoute le même auteur, une impression lumineuse vient frapper l'œil, elle se transmet au sympathique et de là aux nerfs mixtes dans lesquels ils se jettent. Ces derniers portent immédiatement l'impression jusqu'aux extrêmes manifestations qui semblent se perdre au niveau des chromoblastes, sinon dans leur intérieur ». (3).

Comme on le voit, tous les auteurs qui se sont occupés de la question sont pour ainsi dire unanimes à attribuer le chromatisme aux excitants visuels.

E. R.

(1) E. RABAUD, *Recherches sur la variation chromatique et l'homochromie des Arthropodes* (Bull. biolog., t. LVII).

(2) MAST, *Revue générale des Sciences*, 1915, p. 389.

(3) D^r Paul REGNARD, *La Vie dans les Eaux*, pp. 83-89.

Lorsque, sans rien connaître des auteurs que nous citons, nos propres recherches nous amenèrent incidemment à observer, en premier lieu, le phénomène de décoloration et, ensuite, celui d'une variation de coloration, nous n'avons pas tardé à reconnaître cette influence des excitations visuelles. Mais, peu à peu, à mesure que nous avançons dans notre étude, nous avons observé que cette cause est loin d'être la seule et que le chromatisme peut être influencé et causé, entre autres, sans parler des causes psychiques, par la pression, par le courant électrique et par les anesthésiques appliqués sur la ligne latérale.

En effet, Pouchet avait déjà fait « pâlir » des Gobies, des Trigles et des Blennies en les électrisant. Le Dr Paul Regnard avait déjà reconnu que les chromatoblastes restent quelque temps contractiles après la mort de l'animal et que l'on peut même produire des changements de coloration sur le cadavre ! Millot lui-même parle d'auteurs qui ont étudié l'action de substances chimiques ou de causes physiques sur les chromatophores. « Mais, conclut-il, la difficulté d'isoler ces divers facteurs et de s'assurer que, dans les conditions de l'expérience, leur action est seulement directe, rend les résultats assez incertains. » (1)

En général, tous les auteurs négligent ces facteurs de chromatisme, qu'ils citent en passant, et se rabattent uniquement sur l'excitation visuelle comme cause à peu près unique de la variation de la pigmentation dermique. Voici maintenant un court aperçu des observations recueillies et des expériences faites par nous, avant d'avoir pris connaissance des travaux antérieurs :

A) *La vue*. — Laissés sur un fond clair ou blanc, les téguments des Poissons se clarifient jusqu'au point de devenir à peu près blancs, comme cela arrive chez quelques espèces, l'Epi-noche par exemple. La Tanche n'a jamais blanchi complètement ; elle devient jaune, même jusqu'à prendre parfois une belle coloration or. Sur un fond noir ou très foncé, les téguments se foncent ou noircissent plus ou moins, selon les individus et les espèces, selon la prolongation du séjour sur le fond

(1) Jacques MILLOT, *Le pigment purique*. Bull. biol., t. LVII, 1923.

et selon le degré de noirceur du fond. Le temps du reste diminue en proportion des exercices, au point que, chez quelques individus, la décoloration devient même si rapide qu'elle ne prend bientôt plus que quelques minutes.

La pigmentation est loin d'avoir toujours l'exacte coloration du milieu, comme on l'a prétendu; elle est en rapport avec les couleurs des pigments qui ne sont pas nombreuses et avec leurs combinaisons. En général, on ne rencontre que deux ou trois couleurs de pigments : noirs et blancs et encore noirs, jaunes et blancs. La coloration des téguments par la concentration ou l'expansion des chromatophores se fait donc sur cette base : elle est foncée quand le noir domine; claire, quand dominant les pigments blancs (cristaux de guanine). Dire avec Mast que « ces changements de coloration rendent l'animal tout à fait semblable au fond en ce qui concerne la couleur et le dessin, quelques grandes qu'en soient les variations » est vraiment exagéré. Mast lui-même semble reconnaître son erreur lorsque plus loin il dit : « ils prennent des couleurs *presque analogues* au fond, sauf pour le rouge ». (1)

Nos expériences ne nous ont pour ainsi dire jamais donné une homochromie parfaitement identique au fond; elles prouvent en tous points l'exactitude des conclusions auxquelles était déjà arrivé M. le Prof. Rabaud : « la variation chromatique aboutit à une teinte quelconque, parfois voisine du fond, mais qui n'a rien de spécifique... De la multiplicité des pigments résultent des mélanges variés, si bien que la concordance avec le fond ne s'établit le plus souvent que d'une manière très relative, quand elle s'établit. » (2)

Après Darwin et tant d'autres, malgré tant de remarques contradictoires, P. Regnard semble voir dans l'homochromie, comme dans le mimétisme qui en est la consécration chronique, un moyen de conservation et de défense de l'organisme. C'est là, à notre avis, une interprétation purement anthropomorphique de phénomènes naturels quelconques, indifférents pour l'ordinaire ; car ces variations de pigmentation cutanée sont autant hétérochromiques qu'homochromiques. En tout cela

(1) MAST, *Revue générale des Sciences*, 1915, p. 393.

(2) E. RABAUD, *Recherches sur la variation chromatique*. Bull. biol., t. LVII.

l'homochromie n'est qu'un pur hasard, un accident fortuit, plus ou moins heureux, plus ou moins fréquent. D'ailleurs, ne l'oublions pas, la pigmentation, due très probablement à des déchets organiques, se fait aussi à l'intérieur de l'organisme, dans le péritoine des Invertébrés inférieurs, par exemple, comme l'a prouvé Millot pour le pigment purique (cristaux de guanine); là ils ne jouent pourtant pas le rôle de défense contre des ennemis extérieurs dans la lutte pour la vie... ?

Voici une expérience curieuse sur l'influence de la vision sur une pigmentation en dessin. Un jour une jeune Epinoche, sur laquelle on n'avait jamais expérimenté, fut plongée au fond d'une large éprouvette. Au-dessus d'elle fut introduit un mécanisme lesté par trois plaquettes de plomb ayant la forme de petits rectangles. L'animal se redressa vers elles et examina fixement, longuement, ces plaques d'un ton gris foncé. Bientôt toute sa surface dorsale, au-dessus de la ligne latérale, se couvrit d'un damier très régulier de plaques semblables, mais beaucoup plus petites. Frappé par ce phénomène, nous avons plusieurs jours de suite plongé cette Epinoche au fond de la même éprouvette et, chose étrange, sans même replacer au-dessus d'elle le mécanisme aux plaques de plomb, que nous n'avons du reste plus réintroduit au-dessus de cet animal, celui-ci reprenait très rapidement ce dessin en damier chaque fois qu'il se trouvait au fond de cette éprouvette. C'est un réflexe, ou c'est un réflexe conditionnel de Pawlow, dira-t-on. Peut-être ; mais il faut expliquer ce réflexe quel qu'il soit. Et, dans cette explication, l'attention de l'animal, la fixation de l'image dans un centre, son souvenir, son évocation et son influence sur le système nerveux et sur ses terminaisons, tous ces phénomènes d'ordre plutôt psychiques en somme, ne doivent pas être négligés par l'observateur. Ce fait, bien observé, ne donne-t-il pas l'explication des colorations tégumentaires des Poissons, dues à l'influence persistante des milieux ?

B) *La pression.* — La pression sur les téguments, tout de suite ou même relativement tard après la mort des Poissons, est aussi une cause évidente du changement de coloration. C'est tout à fait accidentellement que nous avons découvert ce facteur. Nous l'avons depuis expérimenté à différentes reprises et nous pouvons affirmer que la pression produit invariable-

ment son action transformatrice sur les chromatophores de certaines espèces, du moins si l'on n'attend pas que le derme soit cadavérisé pour procéder à l'expérimentation. L'action de la pression est surtout remarquable sur les Tanches : ces Poissons morts prennent une magnifique coloration jaune-or, même par la simple pression du corps sur soi-même ! Les savants imbus de finalisme auront pourtant de la peine à admettre, me semble-t-il, qu'ici le chromatisme, qui n'est pas même de l'homochromie, joue un rôle de protection quelconque dans la lutte pour l'existence.

C) *Le courant électrique.* — Le courant électrique d'une certaine intensité et surtout d'une certaine durée, produit une décoloration très prononcée sur certaines espèces de Poissons, surtout lorsqu'ils subissent une électrisation capable de causer la mort; quelques-uns, comme les Epinoches, deviennent complètement décolorés !

D) *Des corps chimiques,* comme les anesthésiques que nous avons appliqués expérimentalement sur la ligne latérale, provoquent aussi une décoloration tégumentaire plus ou moins rapide, plus ou moins prononcée, suivant l'agent, la dose, comme suivant l'individu et l'espèce des Vertébrés soumis à l'expérience. Cette perturbation vaso-motrice va jusqu'à produire des plaques hémorragiques et même jusqu'à la désorganisation du tissu dermique. La deuxième partie de ce travail nous montrera de nombreux exemples de décoloration par la simple application d'anesthésiques divers.

CONCLUSION GÉNÉRALE DE LA PREMIÈRE PARTIE :

De l'ensemble de cette première partie, il ressort que les Vertébrés inférieurs — les Poissons — ressentent l'action des excitants qui frappent leurs sens, vibrations lumineuses, sonores, olfactives, sapides et tactiles ; et qu'ils réagissent aux excitations par des mouvements d'attirance ou de répulsion, et en fait de chromatisme, par des mouvements de rétraction ou de dilatation des éléments pigmentaires. En somme, toutes proportions gardées, et en tenant compte des milieux, les Ver-

tébrés inférieurs sentent et agissent comme les Vertébrés supérieurs sous le stimulus des excitants extérieurs.

Nos recherches expérimentales aboutissent avec certitude à cette déclaration intuitive, basée sur l'observation vulgaire : « le Poisson nous paraît voir, entendre, goûter, flairer et toucher fort bien » due à un auteur, Paul de Sède de Lieoux (1), qui a longuement étudié la ligne latérale et que nous allons bientôt mettre largement à contribution.

(1) Paul DE SÈDE DE LIEUX, *Recherches sur la ligne latérale des Poissons osseux. Thèse de Doctorat*, 1884, p. 45.

DEUXIÈME PARTIE

La Ligne latérale.

Très visible sur les flancs de la plupart des Téléostéens, la ligne latérale a été remarquée depuis fort longtemps par de nombreux naturalistes. Mais son rôle biologique a été fort discuté et, malgré de nombreuses recherches intéressantes, il reste encore très énigmatique.

Le suédois Sténon (1664) prétendait qu'elle sert à former des corpuscules graisseux destinés à lubrifier le corps du Poisson.

Lorenzini (1678) étudie particulièrement les organes de la Torpille. Redi (1710), Antoine Petit (1711), Jacobson (1813), de Blainville (1822), Vogt et Agassiz (1845) étudient et décrivent la *ligne latérale*, mais sans apporter des notions quelque peu claires sur ses fonctions. Tout au plus Jacobson la regarde comme un sixième sens et Knox y localise une fonction intermédiaire entre celle du toucher et celle de l'ouïe. Leydig (1850) et Schultze (1870) (1) font des recherches anatomiques très sérieuses sur la ligne latérale; ils arrivent à des conclusions différentes en ce qui concerne son rôle physiologique. Pour Leydig, la ligne latérale pourrait bien être formée d'organes oculaires s'étendant sur les flancs; Schultze, au contraire, penche pour des organes acoustiques et aussi pour un sens spécial. De l'ensemble de leurs recherches, il résulte cependant que la ligne latérale est formée de terminaisons nerveuses dont les unes sont visibles en dehors, soit qu'elles soient nues comme chez les *Epinoches*, ou abritées au fond d'un tube membraneux

(1) SCHULTZE, *Ueber die sumer Organe der Seitenlinie.*

comme chez les *Gobius*, et dont les autres sont, en quelque sorte, enfermées dans des canaux latéraux comme chez la *Perche*, dans des tubes fasciculés à formes diverses comme chez les *Sélaciens* ou dans des follicules clos comme chez la *Torpille*.

Donnel (1862) traite aussi ce sujet, sans y apporter toutefois des données vraiment nouvelles (1). Jourdan émet l'opinion, qu'il soutient sans preuves sérieuses du reste, que la ligne latérale pourrait bien être un organe gustatif.

Malgré les recherches précédentes, Milne Edwards (1876) reste perplexe sur le véritable rôle de la ligne latérale : « les glandules de la ligne latérale, dit-il, sont en rapport avec des organites qui ressemblent beaucoup aux corpuscules tactiles et aux boutons de Langenhaus. La plupart des histologistes les considèrent comme étant des instruments de sensibilité, mais je ne connais aucun fait probant à ce sujet. » (2)

Chatin (1880), après avoir tracé un bon historique de la question, après avoir relevé les contradictions et les hésitations des auteurs, arrive à la conclusion suivante : « l'histoire anatomique de ces organes n'est plus à faire, mais seulement à compléter; leur étude physiologique, au contraire, est à peine commencée et réclame de prochaines et certainement fructueuses recherches ». (3).

Paul de Sède de Lieoux, en 1884, consacra sa thèse de doctorat « aux Recherches sur la ligne latérale des Poissons osseux ». Dans cette thèse, dont nous aurons plus d'une fois à nous occuper dans la suite, l'auteur arrive à cette conclusion : « Cet appareil préside au toucher actif, utilisé comme sens directeur. » (4) Cet auteur, qui a assez longuement étudié l'appareil latéral au point de vue anatomique, histologique et historique, n'a pas suffisamment donné à l'expérimentation toute l'importance qu'elle comporte en pareille matière ; il nous semble même, à lire sa thèse, qu'il s'est trop laissé conduire aussi, dans ses déductions, par des considérations aprioristiques qui, tout en paraissant logiques à notre esprit, ne sont pas nécessairement ni toujours conformes à la réalité, c'est-à-dire à la logique

(1) DONNEL, *On the system of the literal line*.

(2) MILNE EDWARDS, *Leçons sur l'anatomie*, t. XI, p. 430.

(3) CHATIN, *Les organes des sens dans la série animale*, p. 119.

(4) PAUL DE SÈDE DE LIEUX, *op. cit.*, p. 112.

des faits. Son étude n'en est pas moins très importante par ses aperçus, par ses considérations, par certaines expériences trop peu nombreuses à notre avis, comme aussi par ses conclusions qui sortent des suppositions antérieures, purement hypothétiques.

Malgré ces importantes recherches, aujourd'hui encore, l'énigme plane toujours sur les véritables fonctions de l'organe latéral ! Son rôle biologique est livré à de pures suppositions... C'est un X irritant posé devant la curiosité scientifique.

« Parmi les structures dont l'usage est encore tout à fait incertain, dit Lubbock en 1891, nous trouvons les canaux mucifères des Poissons. La peau des Poissons contient, en effet, une série complète d'organes dont les fonctions nous sont peu connues. » (1)

Fuchs cependant, en 1895, attribue à la ligne latérale une fonction de perception des variations de pression. D'autres auteurs se rapprochent encore un peu plus de la vérité : ils admettent qu'elle a pour rôle de coordonner et d'équilibrer le mouvement des nageoires.

Malgré ces affirmations qui contiennent pourtant une part de vérité, mais qui sont toujours de pures hypothèses, Frédéric Houssay affirme encore notre complète ignorance à ce sujet en 1900 ! « Les Poissons, dit-il, possèdent une série particulière de terminaisons nerveuses qui leur constituent des organes pour un sens dont les perceptions nous sont totalement inconnues. Les terminaisons nerveuses reliées à l'encéphale se groupent en diverses sections ; l'une, la plus longue est la section rattachée à l'encéphale par le long nerf latéral ; les autres, situées sur la tête, se rattachent à l'encéphale par divers rameaux nerveux. » (2)

Cette ignorance et ces suppositions gratuites se répercutent naturellement dans les ouvrages actuels de l'enseignement scientifique. Tout au plus reste-t-il acquis que l'organe latéral joue un rôle sensoriel indéterminé, imprécis, qui attend des éclaircissements et des découvertes futures.

Voici, par exemple, ce qu'en dit Remy Perrier : « le rôle de

(1) LUBBOCK, *Les sens et l'instinct*, 1891.

(2) Fréd. HOUSSAY, *La forme et la vie*, 1900.

la ligne latérale est assez énigmatique : pour certains auteurs, tirant argument des relations nerveuses de l'oreille et de la ligne latérale, les organes sensoriels de celle-ci percevraient les trépidations lentes (moins de 6 par seconde) et leur rôle serait intermédiaire entre celui des organes de l'ouïe et du toucher; pour d'autres, ils apprécieraient l'intensité et la direction des courants de l'eau environnante. C'est dans la ligne latérale que sont enchâssés les organes lumineux des Poissons abyssaux. »(1)

On trouve, dit Léon Jammes, disposés de chaque côté du corps, suivant une ligne continue allant de la région operculaire à la queue, des terminaisons nerveuses spéciales qui communiquent avec l'extérieur à travers les écailles. Ces terminaisons semblent donner à l'animal la faculté d'apprécier les qualités de l'eau ; peu développées chez les Sélaciens, elles atteignent leur complet développement chez les Téléostéens. Les terminaisons nerveuses de la ligne latérale constituent l'organe sensoriel le plus caractéristique des Poissons. »

Ces incertitudes et cette ignorance, persistant toujours après tant de recherches, indiquent combien est grande la difficulté de résoudre ce problème, vrai Sphinx muet, debout devant notre besoin de connaître. Après tant d'autres, nous allons essayer de soulever un peu le voile épais qui recouvre cet irritant inconnu. Nous procéderons expérimentalement, par de nouveaux procédés, nous attachant surtout à dégager des résultats d'ensemble de la somme des expériences, afin d'éliminer l'influence des facteurs secondaires pouvant fausser chaque expérience particulière. Arriverons-nous à quelques éclaircissements ?...

Mais auparavant, il nous paraît utile d'examiner d'un peu plus près les idées émises par Paul de Sède de Lieoux, dont la thèse, fort intéressante du reste, est entièrement consacrée à ce sujet si énigmatique.

Après avoir destiné les trois premiers chapitres de son travail à l'historique de la question, à l'histologie des téguments, à l'anatomie et à l'histologie de la ligne latérale, Paul de Sède consacre un quatrième chapitre aux « considérations phylogénétiques ». Il arrive à cette conclusion que nous avons là, sans

(1) Remy PERRIER, *Cours élémentaire de zoologie*, p. 671.

aucun doute, « un appareil sensoriel ». Raisonnant beaucoup trop d'une façon aprioristique, cet auteur estime que la ligne latérale est « un appareil caractéristique des Vertébrés menant la vie aquatique, répondant à des nécessités du milieu, puisqu'il n'existe plus chez les Amphibiens quittant l'eau pour la terre ». (1) A part sa teinte de finalisme que nous n'avons pas à discuter ici, cette affirmation de P. de Sède est loin de correspondre entièrement à la réalité : en effet, tous les Vertébrés aquatiques ne possèdent pas de ligne latérale; les Cétacés, les Pinnipèdes, par exemple, ne possèdent pas cette ligne. Dans les Poissons, elle est, il est vrai, à peu près générale chez les Téléostéens et on la rencontre même chez quelques Sélaciens; mais elle est extrêmement rare chez les Poissons cartilagineux de toutes espèces, dont les « nécessités du milieu » sont pourtant les mêmes apparemment, puisqu'ils vivent dans un milieu identique.

A quoi sert cet appareil ? se demande P. de Sède. — Et pour y répondre, sans même songer que peut-être il ne sert à rien, ce qui serait le cas d'un organe rudimentaire par exemple, cet auteur a recours à une hypothèse frappée au coin du plus pur anthropomorphisme : « quel est à nos yeux, dit-il, ce qui peut paraître un desideratum dans l'organisation du Poisson ? Comment acquiert-il la connaissance de la pression, de la profondeur, des courants, de leur vitesse, en un mot de tous les éléments qui peuvent aider à sa direction générale ? Si nous avions à apprécier de semblables phénomènes, quel est celui de nos sens auquel nous ferions appel ? Au toucher qui nous fournit des impressions analogues... »

Mais toutes ces raisons s'appliqueraient à tous les Vertébrés marins sans exception; comment se fait-il alors que beaucoup parmi eux ne possèdent pas cet organe ?...

L'auteur semble avoir senti la force de cette objection, car, sans la formuler, il s'efforce de lui donner une réponse plausible, sinon une claire explication : « ...les Epinoches, dit-il, les Soles, les Blennies, les Anguilles ne sont pas habituées aux migrations lointaines : presque tous vivent sur le fond de la mer et ce sont eux qui ont l'appareil latéral le plus complet.

(1) P. DE SÈDE, *op. cit.*, p. 46.

« Ces Poissons étant le mieux partagés il nous est permis de croire que l'appareil latéral leur est plus nécessaire qu'aux voyageurs par excellence, aux Clupes, par exemple, chez lesquels il est fort peu développé (harengs). » (1)

Ce genre de raisonnement, dans lequel Paul de Sède se débat parfois, ne paraît pas d'une impeccable logique. En effet, après avoir fait de la ligne latérale un appareil de « direction générale », il le trouve le plus nécessaire précisément chez les Poissons qui ne sont pas migrants et fort peu développé chez les voyageurs par excellence ! Cette appréciation nous surprend fort, car, pour s'en remettre à la simple logique, c'est bien le contraire qui présente les apparences de la vérité : un appareil directeur est certainement plus utile à des migrants qu'à des sédentaires : cela saute aux yeux, semble-t-il.

Mais scientifiquement, toute logique doit être basée sur des faits. Les faits répondent-ils vraiment à ces déductions de P. de Sède ? Eh bien ! si les Poissons à migrations restreintes, comme ceux cités par cet auteur, ont en effet un appareil latéral très apparent, ce même appareil existe aussi bien chez des migrants à long cours comme le Saumon, la Truite, les Esturgeons, le Thon. Si, d'autre part, il existe chez les Anchois aux migrations restreintes, et n'existe pas chez les Aloses aux migrations lointaines, elle n'existe pas non plus chez la Sardine (*alosa sardina* L.) qui fraie pourtant dans les herbes et furette dans les anfractuosités des rochers, genre de vie qui réclamerait l'existence de la ligne latérale d'après la théorie de Paul de Sède (2).

D'autre part, la profondeur du séjour ne paraît pas être un meilleur critère que la migration : ainsi le *Balhypterois longipes*, qui vit à environ 1.900 mètres de profondeur, présente une ligne latérale bien évidente, alors que le *Cératodus de Forster* qui se tient au milieu des roseaux, dans les fonds vaseux, en est par contre dépourvu (3).

Il nous paraît donc que, guidé par une idée aprioristique, P. de Sède a vraiment conclu trop hâtivement et sans être légitimé par des observations sérieuses, lorsqu'il a tracé cette

(1) P. DE SÈDE, *loco citato*, p. 50.

(2) Voir Louis ROULÉ, *Les poissons migrants*, passim.

(3) FILHOL, *La vie au fond des mers*, p. 93.

règle beaucoup trop absolue : « l'appareil latéral se développe en raison du genre de vie sédentaire des Poissons qui en sont pourvus et qui habitent sur les fonds au milieu d'un dédale de roches, de polypiers, de mollusques et de végétaux » (1).

Cependant, dans un cinquième et dernier chapitre de son travail, Paul de Sède entre enfin résolument dans l'emploi de la méthode expérimentale. Après avoir cru reconnaître, dans les chapitres précédents, les caractères tactiles de la ligne latérale, il va chercher maintenant, par des expériences que nous aurions voulu plus nombreuses, quelle est la nature des impressions reçues par elle. Il resèque le nerf latéral : les animaux éprouvent alors « une certaine difficulté à se guider, dit-il ; mais il leur reste des yeux très mobiles qui leur permettent de se diriger avec une sûreté suffisante » (2).

On pourrait se demander alors si la ligne latérale n'est pas un organe directeur parfaitement inutile puisque les yeux suffisent à cette besogne ? L'auteur ne se pose même pas cette simple question.

Paul de Sède procède ensuite à l'ablation des yeux sur des Perches qui acquièrent peu à peu, malgré leur cécité, « la connaissance parfaite de leur bocal contre les parois duquel elles se heurtaient inévitablement les premiers jours ». Il conclut donc de cette expérience que l'éducation de la ligne latérale se fait progressivement et que les organes tactiles de cette ligne acquièrent en peu de temps une grande délicatesse, car les deux Perches placées dans l'aquarium s'y dirigèrent bientôt sans difficulté (3).

Mais, n'est-ce pas là admettre, en quelque sorte, que la ligne latérale ne fonctionnerait pas ou presque pas lorsque les yeux sont en bon état ? Et qu'est-ce qui prouve que, dans cette expérience, ce n'est pas la sensibilité générale, aussi bien que les organes tactiles de la ligne latérale, qui s'éduque et devient conductrice de l'organisme aveuglé ?

Malgré ses affirmations par trop catégoriques, l'auteur sent la difficulté de l'objection, il la relève et cherche à l'écarter. Quelle est, dit-il, la part qui revient à la sensibilité générale,

(1) Paul DE SÈDE, *loco citato*, p. 51.

(2) P. DE SÈDE, *loco citato*, p. 57.

(3) *Id.*, p. 59 et 60.

quelle est celle de la ligne latérale dans ces résultats ? Une expérience nouvelle va nous l'apprendre : « un barbeau privé de ses barbillons et de ses yeux se dirige facilement ; mais après résection du nerf latéral, il s'obstina à garder l'immobilité. Placé dans un grand bocal, il se heurtait aux parois lorsqu'on l'excitait, puis de temps à autre, il se livrait à des mouvements désordonnés dans le sens vertical, tantôt montant brusquement à la surface, tantôt se laissant couler au fond et faisant avec ses nageoires pectorales de brusques mouvements de recul (1).

Ce désordre des mouvements, noté pour la première fois par l'auteur, est une observation remarquable dont nous avons contrôlé maintes fois la réalité. Mais de Sède ne nous dit pas ici, combien le barbeau aveuglé a mis de temps à apprendre à se diriger, ni pendant combien de temps il est resté immobile après la résection du nerf. L'immobilité observée pouvait être, du reste, une conséquence du traumatisme ou même de l'ingestion du chloroforme qui avait servi à l'anesthésie. Paul de Sède ne voit même pas ce côté du problème, qui doit être examiné sous toutes ses faces cependant. Dans les expériences que nous exposerons par la suite, on verra que, même avec des yeux parfaitement intacts, les Poissons s'immobilisent par le narcotisme de leur région nasale et que, même avec une ligne latérale complètement cautérisée, ils finissent assez rapidement du reste, par apprendre à nager et à se diriger quand même très bien dans leur aquarium.

Donc on pourrait tout aussi bien conclure que l'immobilité, dans le cas cité, pouvait être la conséquence de l'emploi du chloroforme et non celle de la destruction du nerf latéral.

En passant, P. de Sède émet une judicieuse réflexion : « la meilleure expérimentation, dit-il, serait celle faite au sein des milieux où vivent les sujets, c'est-à-dire l'observation minutieuse de la nature ». C'est très exact et, pour notre part, nous avons souvent déploré de ne pouvoir observer ni expérimenter au bord des lacs ou de la mer, et d'en être à devoir étudier quelques animaux aquatiques seulement, de petites dimensions forcément, dans l'espace artificiel si étroit, d'un laboratoire ;

(1) Paul DE SÈDE, *loco citato*, p. 60 et 61.

malgré les efforts que l'on y fait, la nature ne peut s'y présenter dans son bel et fécond épanouissement.

Voici maintenant à quelles conclusions en arrive P. de Sède : « la ligne latérale n'est qu'un organe du tact, donnant au Poisson des renseignements sur l'état du milieu dans lequel il vit. Ce qu'elle apprécie, par excellence, ce sont les courants, les remous, les mouvements faibles de l'eau. Par elle le Poisson connaît sa propre vitesse et peut la régler ; mobile dans un élément sans cesse agité, il en perçoit les moindres déplacements ; vivant au milieu d'êtres animés qui l'entourent de tous côtés, il devine leur approche aux plus petits mouvements de l'eau » (1).

Mais à ce compte-là, tous les animaux aquatiques, tous les Vertébrés marins spécialement, devraient, semble-t-il, être pourvus de l'appareil latéral, car tous ont certainement besoin d'être renseignés sur l'état de leur milieu, et pourtant beaucoup parmi eux en sont totalement dépourvus !

L'auteur poursuit ainsi : « la ligne latérale est donc le résultat d'une adaptation à la vie aquatique, adaptation qui cesse avec ce mode d'existence et disparaît, comme on le voit chez les batraciens, lorsque ces derniers deviennent adultes et terrestres ».

Paul de Sède voudrait-il dire par là que les nombreux Poissons sans ligne latérale ne sont pas adaptés à la vie aquatique ? Il ne faut pas oublier que cette adaptation, s'il en est une, n'est pas générale : elle ne s'applique qu'aux Poissons osseux seulement, fait qu'il ne faut pas négliger en la circonstance, et que l'auteur reconnaît lui-même du reste. Tous les autres animaux aquatiques en sont dépourvus et doivent par conséquent s'en passer et nager quand même dans le même milieu.

En somme, pour Paul de Sède, les corpuscules tactiles de la ligne latérale sont donc des organes de sensibilité générale, groupés en un appareil délicat, affectant des dispositions spéciales, très variables, mais se résumant en un organe récepteur, tactile, plus ou moins protégé par les téguments, communiquant avec le sensorium par l'intermédiaire du nerf latéral. Il croit avoir suffisamment élucidé le rôle de cet appareil et contribué à éclairer cette question obscure, mais, ajoute-t-il

(1) Paul de SÈDE, *loco citato*, p. 71.

avec le scepticisme d'un philosophe : « Je suis bien loin de la croire épuisée » (1).

En effet, malgré les expériences et les efforts de raisonnements de P. de Sède, cette question si difficile est encore loin d'être résolue. Les naturalistes n'ont pas estimé définitives les conclusions auxquelles est arrivé cet auteur, puisqu'ils regardent toujours ce problème comme non solutionné et énigmatique.

Nous allons l'aborder à notre tour, expérimentalement, mais cependant sans nous faire aucune illusion et, il faut le dire, sans autre espoir que celui d'apporter un peu plus de clarté et, si possible, de nous rapprocher un peu plus de la vérité que la nature recouvre encore de son voile épais...

(1) Paul DE SÈDE, *loco citato*, p. 71-73.

CHAPITRE PREMIER

Nerf latéral et méthodes d'examen.

Comme on le voit, la ligne latérale joue un rôle biologique tellement énigmatique, qu'il nous paraît utile, avant de donner les résultats de nos expériences, d'exposer, au moins sommairement, l'anatomie compliquée du nerf latéral, ses origines centrales, ses principaux embranchements et les dispositions générales de ses expansions extérieures. C'est là, vraiment, un écheveau fort compliqué et d'autant plus inextricable que ses fils s'enchevêtrent encore avec des filets nerveux ayant une tout autre origine. Cette complexité anatomique explique la complexité physiologique qui en découle.

Voici comment Vialetton décrit l'anatomie du nerf latéral :

« Acoustico-latéral (VIII^e paire). On peut réunir ces deux nerfs dont le second n'a jamais été compté comme une paire distincte ; cette réunion est justifiée par le fait que tous les deux sont des nerfs très spéciaux, appartenant à la division somatique sensible du système nerveux et formant dans cette division un groupe spécial affecté à la perception des vibrations. D'ailleurs, d'autres rapprochements les unissent, et en particulier ce fait que la distribution du nerf latéral dans le rhombencéphale est la même que celle de la branche vestibulaire de l'acoustique, c'est-à-dire que les deux nerfs ont des voies intrabulbaires aboutissant aux mêmes centres et déterminant des réactions analogues.

Le nerf latéral, destiné uniquement aux organes de la ligne latérale existe seulement chez les Ichthyopsidés qui mènent une vie aquatique. Il est représenté par diverses branches qui

naissent sur le rhombencéphale, au voisinage des V^e, VII^e et X^e paires et sont munies de ganglions se confondant plus ou moins avec ceux de ces derniers. On peut lui décrire des branches préauriculaires et des branches postauriculaires. Les premières qui se confondent plus ou moins dans leur distribution avec les rameaux de la V^e paire et dont les ganglions sont fréquemment unis avec celui du facial ont souvent été décrits comme faisant partie de ce dernier. Elles sont au nombre de trois : 1) le rameau ophtalmique superficiel qui s'unit chez certains Poissons au rameau ophtalmique profond du trijumeau et innerve les organes de la ligne latérale situés au-dessus de l'orbite ; 2) le rameau buccal qui est plus ou moins voisin du rameau maxillaire du trijumeau et innerve la ligne des organes latéraux placée au-dessous de l'orbite ; 3) la branche mandibulaire externe qui suit la mandibule, se distribue aux organes latéraux de cette dernière et à ceux qui sont situés au voisinage de l'évent ou sur l'opercule. Ces trois branches du nerf latéral sont souvent confondues entièrement avec les branches correspondantes du trijumeau dont on ne peut les distinguer par la seule dissection...

La partie postauriculaire du nerf latéral est représentée par un gros rameau pourvu d'un ganglion et qui s'accôle au vague sur une partie de son trajet, puis s'en sépare pour former un long nerf souvent appelé la branche latente du vague, qui s'étend jusque vers la queue. Le nerf reçoit une anastomose de la partie préauriculaire du même côté et s'unit à celui du côté opposé par une anastomose transversale placée dans la région occipitale. Le nerf latéral du tronc peut se diviser en plusieurs rameaux, deux superficiels qui suivent la peau des flancs et le troisième profond, accolé à la colonne vertébrale » (1).

Comme on le voit par cette description, le nerf latéral a des origines complexes et obscures puisque les ganglions d'où il émane se confondent avec ceux du trijumeau, du facial et du pneumogastrique.

D'autre part, comme il se confond encore avec le nerf acoustique dans les centres intrabulbaires, sa complication s'étend par ce fait très loin, jusqu'à se trouver même en relation directe avec le labyrinthe, et indirecte, par les osselets de Weber, avec

(1) VIALLETON, *Eléments de morphologie des Vertébrés*, p. 361-362.

la vessie pneumatique, comme l'a montré Guyenot dans son beau travail sur la vessie natatoire des Téléostéens (1).

Ces connexions multiples et lointaines ouvrent tout un horizon, fort obscur encore, sur le rôle biologique du nerf latéral. Ses relations anatomiques avec le labyrinthe, siège classique de l'orientation et de l'équilibre, et avec la vessie natatoire, organe hydrostatique et sécrétoire d'oxygène, laisse clairement entrevoir l'action réflexe qui pourrait bien exister entre ces divers organes, éloignés les uns des autres, dans l'équilibration et peut-être même dans l'oxygénation de l'organisme des Téléostéens. Baglioni, cité par Guyenot, n'a-t-il pas eu déjà l'intuition que la vessie natatoire et le labyrinthe jouent un rôle dans les mouvements réflexes des nageoires et leur coordination ? Mais comme ces organes sont, soit directement, soit indirectement, en relation avec l'appareil latéral, ne voit-on pas que celui-ci, organe sensitif, percevant les vibrations du monde extérieur, pourrait fort bien se trouver à l'origine même de ces réflexes moteurs et coordinateurs ?

Maintenant que nous connaissons macroscopiquement, au moins d'une façon générale, l'anatomie ainsi que les relations

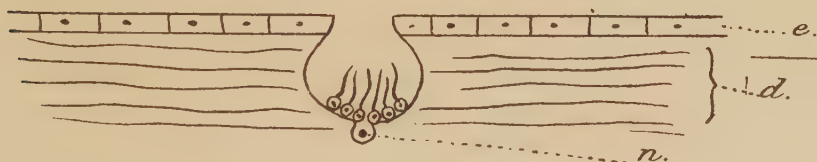


Fig. 11

Canal latéral du *Scorpena*, coupé transversalement
d'après Paul de Sède.

multiples et compliquées du nerf latéral à l'intérieur de l'organisme, jetons encore un coup d'œil rapide sur ses expansions terminales, en rapport avec le milieu extérieur. Comme le dit fort bien Paul de Sède, né d'un renflement ganglionnaire formé à l'origine du nerf vague (pneumogastrique), le nerf latéral s'étend en décrivant une courbe dont la convexité est tournée vers le haut, sur toute ou presque toute la longueur du corps.

(1) GUYENOT, *Les fonctions de la vessie natatoire chez les Poissons téléostéens* (Bull. biolog., 1917).

Il est placé dans un logement qui forme tantôt un canal dans l'épaisseur du derme et dans ce cas entouré d'un étui de lamelles circulaires ; tantôt dans un canal sousdermique clos en dedans par l'aponévrose qui enveloppe le système musculaire sous-jacent (1). Les expansions terminales sont tantôt nues comme chez les Epinoches, tantôt renfermées dans des tubes plus ou moins ouverts comme chez les Blennies et les Gobius, ou bien elles passent même au travers d'une écaille, d'une lame criblée, ou encore elles se présentent sous forme de boutons tactiles logés dans l'intérieur d'un canal, ce qui est le plus fréquent d'après Schultz.

Donc, en somme, les filets nerveux terminaux s'épanouissent dans le canal sous forme de boutons tactiles, surmontés par des cellules à bâtonnets, situés en face des ouvertures de façon à se trouver en relation directe avec l'extérieur (2).

Pour nous rendre compte du rôle biologique de la ligne latérale et de celui de ses divers segments, nous nous sommes servi de trois méthodes : l'anesthésie, la cautérisation et la résection du nerf. L'anesthésie a été largement et longuement expérimentée ; par contre, la cautérisation et la résection — celle-ci surtout beaucoup moins — l'ont été seulement pour contrôler en quelque sorte les résultats obtenus par le premier procédé.

Différents anesthésiques ont été employés : la cocaïne, l'éther, le laudanum, l'alcool, le chloroforme. Ils ont été appliqués à diverses espèces de Poissons, Cyprins, Carpes, Tanches, mais surtout aux Epinoches, organismes vifs, résistants, faciles à manipuler au laboratoire ; la vivacité et la résistance sont des qualités fort appréciables lorsqu'on est confiné dans les limites étroites de petits aquariums.

La technique est relativement facile et les objets nécessaires pour expérimenter peu nombreux : quelques cristallisoirs et aquariums, du coton hydrophile pour sécher les téguments, un linge sur lequel on place les sujets à expérimenter, quelques flacons anesthésiques, des cupules et un pinceau très fin suffisent pour ces recherches.

Lorsqu'on veut procéder à une expérience, on place le sujet

(1) P. DE SÈDE, *loco citato*, p. 31.

(2) *Id.*, p. 38.

à expérimenter sur le linge ; on sèche au coton la partie que l'on veut insensibiliser, en ayant bien soin d'agir très doucement pour ne pas provoquer l'agitation de l'animal, pour ne pas l'effrayer ni comprimer sa vessie natatoire. On trempe alors le pinceau dans l'anesthésique choisi et on le passe délicatement, le nombre de fois voulu, sur la partie à insensibiliser. Aussitôt fait, on plonge l'animal dans le cristalliseur ou l'aquarium rempli d'eau et on observe son comportement.

Naturellement, chaque fois que l'on change d'anesthésique, il faut auparavant soigneusement laver et sécher le pinceau. Le coton est renouvelé à chaque opération et jamais l'animal ne sera placé sur un linge qui aura déjà servi ; toutes ces petites précautions sont nécessaires pour ne pas compliquer l'action de l'anesthésique employé. Mais il est évident que, malgré tout, ce dernier ne peut être exactement dosé au bout du pinceau : le dosage reste tout à fait relatif ; on en est ainsi réduit à une assez vague approximation, en comptant le nombre de coups de pinceau passés sur le corps. Mais enfin comment procéder plus exactement dans ces expériences ?

Evidemment, il y a là, dans ce plus ou moins de liquide qui se trouve au bout du pinceau, une cause de variation des effets obtenus, même si tous les Poissons se trouvaient dans le même état physico-chimique au moment de l'expérience, ce qui est presque impossible. N'oublions pas que « les lois biologiques d'une espèce ne s'appliquent jamais à tous ses membres d'une façon strictement et brutalement identique, il y a toujours des différences individuelles » (1). Aussi il faut toujours avoir présent à la mémoire que les résultats obtenus ne peuvent être qu'une résultante d'un ensemble de facteurs divers, dont quelques-uns même nous échappent, et dont ceux que nous connaissons présentent une différence d'intensité dans leur application et, comme conséquence, une variation dans les résultats.

(1) Jacques FISCHER, *L'amour et la morale* (1925), page 106.

CHAPITRE II

Cocaïnisation de la Ligne latérale.

A) Cocaïnisation des Epinoches.

EXPÉRIENCE 1. — La ligne latérale droite de 6 Epinoches est anesthésiée à la cocaïne :

Après 5 minutes leurs mouvements sont ralentis ; 3 individus ont la nageoire gauche collée au corps, immobile ; 1 la nageoire droite de même.

Après 30 minutes, 3 individus ont les deux nageoires pectorales immobiles, collées au corps ; 2, la nageoire droite. Un seul ne présente aucun symptôme apparent ; mais, après avoir reçu un nouveau coup de pinceau, ses deux nageoires se collent immédiatement. Les nageoires ne sont pas paralysées, mais simplement immobilisées : touchées, elles s'agitent un peu et se recollent à nouveau. Les téguments sont décolorés. L'expérience est faite le matin ; le soir, 4 Epinoches sont mortes ; une cinquième meurt le lendemain ; la survivante est déséquilibrée : elle se penche sur le flanc gauche.

EXPÉRIENCE 2. — Un labyrinthe comme le montre la figure ci-jointe était connu d'une Epinoche « sauvage » dont j'avais expérimenté la mémoire.

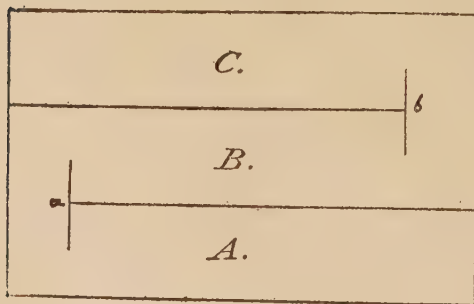


FIG. 13

Les lèvres de cette Epinoche sont cocaïnisées, sans toucher aux orifices olfactifs. Elle est placée dans la partie droite du couloir A. Immédiatement, fortement excitée, elle franchit la longueur du labyrinthe sans toucher aux parois et elle arrive au fond du couloir C.

Dans sa fugue accélérée, s'est-elle dirigée par les yeux, par le sens musculaire, par la mémoire ou par l'odorat ? Celui-ci doit être vraisemblablement écarté comme facteur de direction, car l'animal, contrairement à son habitude, n'a rien flairé pendant les dix secondes qu'a duré son voyage.

L'Epinoche est replacée au fond de A : elle se montre cette fois lente et calme. Au bout de 5 minutes, sa nageoire droite se colle au flanc, s'agitant de temps à autre; la gauche, mobile encore, s'accole au flanc par instants. L'animal va et vient, lentement, le museau heurtant le verre de séparation sans le sentir, semble-t-il; au bout d'environ 10 minutes, il arrive à l'angle du second obstacle b et, visiblement épuisé, il se laisse tomber au fond du vase, les nageoires immobiles, collées aux flancs, haletant, décoloré ! Placé dans l'eau courante, pendant une demi-heure, il présente encore de l'immobilité des nageoires, surtout de la droite.

En somme : ralentissement des mouvements, immobilité des nageoires, décoloration.

EXPÉRIENCE 3. — Voici 3 Epinoches : chacune d'elles est anesthésiée, bilatéralement, sur un secteur différent de la ligne latérale.

La première est cocaïnisée sur le tiers antérieur de la ligne latérale, bilatéralement, puis placée à droite dans le couloir A de l'aquarium.

Pendant 5-6 minutes, l'animal est abattu; il tombe au fond du vase, queue en avant et tête redressée, inerte, les nageoires pectorales collées au corps, toutes les épines dressées. A la 8^e minute, il présente un peu d'agitation ; à la 12^e minute, il franchit le passage, avance dans le couloir B comme en état d'ivresse, allant d'une paroi

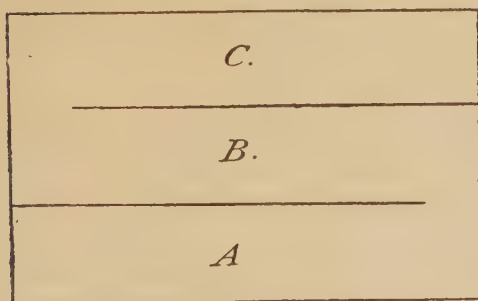


FIG. 14

à l'autre. A remarquer particulièrement l'instabilité de l'équilibre et la pâleur des téguments. L'après-midi, quoiqu'il fût placé dans l'eau courante, il meurt !...

La deuxième Epinoche est cocaïnisée sur le tiers moyen de la ligne latérale, bilatéralement, et placée de même : elle penche d'abord sur un côté et présente ensuite un peu d'excitation ; la queue plonge et la tête reste à la surface. Elle avance dans le couloir B, le corps tombant, mais faisant des efforts énergiques de relèvement pour contrebalancer la gravité qui l'entraîne ; les mouvements se ralentissent ; mais les nageoires ne sont pas collées et les épines ne se sont pas dressées ! Elle est placée dans l'eau courante : les mouvements sont encore lents dans l'après-midi et les nageoires restent normales ; mais l'animal est pâle et décoloré. Le lendemain, il paraît être sain.

La troisième est cocaïnisée sur le tiers postérieur de la ligne latérale, bilatéralement, et placée de même : les mouvements se ralentissent ; l'animal ne quitte pas le premier couloir ; la partie postérieure du corps tend à descendre ; la nageoire pectorale gauche se colle et les téguments se décolorent.

Donc dans les trois cas, il y a ralentissement des mouvements, déséquilibre et décoloration. C'est l'anesthésie de la partie antérieure qui produit les phénomènes les plus marqués !

EXPÉRIENCE 4. — Voici les résultats de la cocaïnisation de cinq segments différents de la L. L. sur 5 Epinoches : (1)

I^e : La L. L. droite est cocaïnisée du bord de l'œil au bord postérieur de l'opercule. Résultats : excitation suivie d'immobilité au fond du vase ; légère décoloration ; le lendemain, calme au fond du vase, agitant ses nageoires ; nouvelle anesthésie du même secteur à gauche cette fois : encore une fois agitation suivie d'immobilité au fond du vase, mais les nageoires ne sont pas atteintes. Le lendemain, état normal.

II^e : La L. L. droite est cocaïnisée de l'opercule au niveau de l'entr'épine dorsale. Résultats : courte agitation suivie de descente dans le vase sans aller au fond ; au bout de 20 minutes, les nageoires pectorales, dont les mouvements deviennent incoordonnés, tendent à se coller ; l'avant-corps plonge ! Le lendemain, elle paraît normale ; cocaïnisation du même segment à gauche à 12 h. 40 ; à 12 h. 48, collement de la nageoire gauche ; à 12 h. 49, collement de la droite et l'animal tombe alors inerte

(1) Dorénavant, nous désignerons la ligne latérale par ses deux initiales seulement, soit par L.L.

au fond du vase; à 1 h. 25, il nage et remonte; le lendemain, il paraît être normal.

III^e : La L. L. droite est cocaïnisée de l'entr'épine dorsale jusqu'au niveau de la naissance de la nageoire dorsale. Résultats : agitation, puis déséquilibre antéro-postérieur ; tête relevée, queue plongeante; ralentissement des mouvements; la tête plonge à son tour; descente au fond; au bout de 20 minutes, la nageoire pectorale droite se colle. Le lendemain l'animal paraît calme et normal. Le même segment gauche de la L. L. est alors cocaïnisé à 12 h. 42; à 12 h. 48, le corps tombe immobile au fond du vase; la tête plonge; les nageoires pectorales, incoordonnées, sont à demi collées. Le jour suivant l'animal paraît normal.

IV^e : La L. L. droite est cocaïnisée sur le segment correspondant à la longueur de la nageoire dorsale. Résultats : déséquilibre immédiat ; tête à la surface, queue plongeant presque perpendiculairement; descente au fond du vase; mouvements ralentis; la tête tend à plonger à son tour malgré des efforts énergiques de relèvement; les nageoires incoordonnées tendent à se coller; décoloration des téguments.

Le lendemain l'animal paraît calme et normal. La cocaïnisation du même segment gauche se fait à 12 h. 47 : en 30 secondes, il y a collement des nageoires pectorales, descente au fond du vase, immobilité. Le jour suivant, cette Epinoche paraît normale.

V^e : La L. L. droite est cocaïnisée dans sa cinquième partie postérieure. Résultats : agitation ; le corps penche sur le flanc opposé; la queue plonge; les nageoires incoordonnées se collent; chute au fond; décoloration. Tout cela se passe en trois minutes.

Le lendemain, le même segment gauche est cocaïnisé : les nageoires dont les mouvements sont désordonnés se collent ; tantôt la tête et tantôt la queue plongent dans le vase. Le jour suivant l'animal paraît normal.

En résumé, l'insensibilisation de la ligne latérale produit les effets suivants : brève excitation, suivie de ralentissement des mouvements ; incoordination, puis immobilité des nageoires pectorales; déséquilibre antéro-postérieur et latéral; décoloration des téguments.

EXPÉRIENCE 5. — Pour préciser aussi exactement que possible le temps nécessaire à la production de chaque phénomène, 5 Epinoches sont placées dans 5 cristallisoirs différents; après anesthésie de divers segments par le même nombre de coups de pinceau, les symptômes observés sont exactement notés :

I^{re}. — 1 h. 20, *cocaïnisation de la moitié antérieure droite de la L. L.* 30 secondes après, les nageoires incoordonnées se collent, la queue est inerte, les épines se dressent, l'animal tombe au fond du cristallisoir; si on le touche, il agite ses nageoires.

1 h. 56, la nageoire droite est collée; la gauche est en mouvement.

2 h. 08, les deux nageoires s'agitent; décoloration marquée.

2 h. 15, chute au fond; immobilité; les nageoires sont collées.

2 h. 30, le corps penche sur la droite; les épines sont dressées.

II^e. — 1 h. 30, *cocaïnisation bilatérale du quart postérieur de la L. L.*

1 h. 31, agitation; la queue plonge et la tête est à la surface.

1 h. 32, incoordonnées, les deux nageoires se collent peu à peu.

1 h. 33, le corps descend malgré ses efforts de relèvement.

1 h. 35, la tête plonge; les nageoires sont collées; l'animal nage.

1 h. 37, la partie antérieure du corps touche le fond.

1 h. 52, l'animal nage malgré ses nageoires collées, tête plongeant.

1 h. 57, forte décoloration.

2 h. 30, agitation; nageoires toujours collées; la tête penche fortement; le corps est couvert de viscosités.

Le lendemain, il paraît normal, sauf qu'il reste fortement décoloré.

III^e. — 1 h. 47, *cocaïnisation bilatérale du quart postérieur ventral :*

1 h. 48, agitation; légère torsion de la queue qui plonge.

1 h. 50, le corps descend malgré ses efforts de relèvement.

1 h. 53, incoordonnées, les nageoires se collent; la tête plonge.

1 h. 58, quelques mouvements des nageoires; la tête plonge.

2 h. 30, légère décoloration; viscosités; nageoires collées.

Le lendemain, les épines dorsales sont dressées; la queue se tord; pour le reste, l'apparence est normale.

IV^e. — 2 h. 02, *cocaïnisation bilatérale du quart antérieur ventral* :

2 h. 03, agitation.

2 h. 04, descente au fond, calme.

2 h. 10, les nageoires se collent; légère décoloration.

2 h. 30, forte décoloration; viscosité; nageoires collées.

Le lendemain elle est morte; mais il n'est pas certain que sa mort soit due à la cocaïne, car elle s'était enfilée dans un tuyau d'écoulement !

V^e. — 2 h. 20, *cocaïnisation bilatérale du quart antérieur de la L. L. (la tête non comprise, naturellement)*.

2 h. 22, légère agitation.

2 h. 27, le corps descend, malgré ses efforts de redressement.

2 h. 30, décoloration ; descente du corps ; nageoires incoordonnées, puis collées; la tête est tantôt relevée, tantôt plongeante.

Le lendemain, l'animal paraît normal.

Donc, en somme, après une courte agitation, il se produit du ralentissement, de l'inertie, de l'incoordination, du déséquilibre et de la décoloration. Il est à remarquer que lorsque l'anesthésie se fait d'un seul côté, il y a déséquilibre transversal et que le déséquilibre antéro-postérieur est surtout bien marqué quand on anesthésie la partie postérieure de la L. L.

EXPÉRIENCE 6. — Pour calculer le degré d'inertie motrice ou de ralentissement des mouvements provoqués par la cocaïnisation, il faut se servir du labyrinthe. Les Epinoches, on le sait, se groupent toujours contre la paroi extérieure la plus obscure. Il s'agit donc de constater comparativement le temps que mettent, pour aller de A en C, d'abord les normales, puis les cocaïnisées de diverses façons. (Voir figure 15).

Voici donc le temps employé, en premier lieu, par 12 Epinoches non cocaïnisées (c'est-à-dire normales) pour se rendre de A en C, soit du compartiment le plus éclairé au compartiment le plus obscur :

	A	B	C
	→		
1 minute...	7	3	2
2 — ...	2	6	4
5 — ..	0	0	12
	9	9	18

Remarque : on voit que, en 5 minutes, tous ces Poissons ont passé du compartiment A dans le compartiment C.

Comparons maintenant ce résultat à ceux obtenus avec les anesthésiés de différentes catégories que nous allons examiner :

I. (Lot de 8 Epinoches). *Cocaïnisation de la L. L. droite par un coup de pinceau* :

	A	B	C
	→		
1 minute...	6	1	1
2 — ...	6	2	0
3 — ...	5	2	1
4 — ...	4	3	1
5 — ...	4	3	1
6 — ...	3	4	1
7 — ...	3	4	1
8 — ...	2	4	2
9 — ...	2	5	1
10 — ...	2	5	1
	37	33	10

Remarques : 1 tombe de suite sur le fond ; 1 reste immobile ; toutes nagent profondément au lieu de nager à la surface. Au bout de 7 minutes, trois sont inertes ; à la 10^e minute l'une d'elles à la nageoire collée ; toutes enfin s'immobilisent sur le sol et sont décolorées.

II. (Lot de 6 Epinoches). *Cocaïnisation bilatérale de la moitié antérieure de la L. L. par un léger coup de pinceau* :

	A	B	C
	→		
1 minute...	3	3	0
2 — ...	2	3	1
3 — ...	3	1	2
4 — ...	0	3	3
5 — ...	1	2	3
6 — ...	0	5	1
7 — ...	1	3	2
8 — ...	1	4	1
9 — ...	2	3	1
10 — ...	1	4	1
	14	31	15

Remarques : ralentissement des mouvements ; collement et incoordination des nageoires ; décoloration.

La cocaïnisation s'est faite à 9 h. 34 du matin ; à 2 h. 30 du soir, les Poissons paraissent normaux.

Au bout de 30 minutes, 5 se trouvent en C et 1 en B.

III. (Autre lot de 6 Epinoches). *Cocaïnisation bilatérale de la moitié postérieure de la L. L.* par un léger coup de pinceau :

	A	B	C	
	→			
1 minute...	3	2	1	<i>Remarques</i> : 1 en C a la nageoire collée de suite; 3 ont la nageoire collée au bout de 4 minutes.
2 — ...	4	2	0	
3 — ...	5	1	0	
4 — ...	4	2	0	
5 — ...	3	3	0	Au bout de 7 minutes, les mouvements des nageoires sont incoordonnés et toutes ces nageoires sont engourdies ou collées.
6 — ...	4	1	1	
7 — ...	4	2	0	A 2 h. 30, tous ces animaux sont calmes et paraissent normaux.
8 — ...	6	0	0	
9 — ...	4	2	0	
10 — ...	3	3	0	
	40	18	2	

IV. (Même lot que le N° 2). *Nouvelle cocaïnisation bilatérale de la moitié antérieure de la L. L.* par deux coups de pinceau :

	A	B	C	
	→			
1 minute...	3	3	0	<i>Remarques</i> : à la 2 ^e minute, 1 a ses nageoires collées. Peu à peu, il y a incoordination et collement des nageoires, déséquilibre transversal, tendance à descendre avec brusques efforts de relèvement chez quelques individus. Chez tous, on observe du ralentissement suivi d'immobilité, de la chute et du déséquilibre.
2 — ...	4	1	1	
3 — ...	3	2	1	
4 — ...	2	3	1	
5 — ...	3	2	1	
6 — ...	4	1	1	
7 — ...	4	1	1	
8 — ...	4	1	1	
9 — ...	3	2	1	
10 — ...	3	2	1	
	33	18	9	

V. (Même lot que le N° 3). *Nouvelle cocaïnisation de la moitié postérieure de la L. L.* par deux coups de pinceau :

	A	B	C	
	→			
1 minute...	4	1	1	<i>Remarques</i> : en 3 minutes les deux individus qui sont en C ont leurs nageoires collées. Peu à peu, les nageoires présentent de l'inco-
2 — ...	3	2	1	
3 — ...	3	1	2	
4 — ...	2	2	2	

	A	B	C	
	→			
5 minutes..	2	2	2	ordination et du collement; tantôt
6 — ...	1	2	3	la tête et tantôt la queue descen-
7 — ...	2	1	3	dent; il y a du ralentissement des
8 — ...	1	2	3	mouvements. En somme : immo-
9 — ...	1	1	4	bilité, chute, déséquilibre, désordre
10 — ..	1	2	3	et collement des nageoires.
	20	16	24	

Si maintenant nous comparons ces résultats, nous constatons d'emblée le grand ralentissement causé par l'anesthésie, même légère, de n'importe quel segment de la L. L.

Mais un fait paradoxal ressort de la comparaison des résultats obtenus dans la partie antérieure et de ceux de la partie postérieure du corps, par *un* coup de pinceau d'abord, puis par *deux* coups de pinceau. En effet, nous avons :

	Partie antérieure			Partie postérieure		
	A	B	C	A	B	C
	→			→		
1 coup de pinceau	14	31	15	40	18	2
2 coups de pinceau	33	18	9	20	16	24

Comme on le voit à première vue, dans la partie antérieure, le retard a augmenté dans de très grandes proportions, la seconde fois en doublant la dose de l'anesthésique. Par contre, dans la partie postérieure, ce retard, très marqué au premier coup de pinceau, est fortement diminué par l'emploi d'une double dose ! Comment expliquer ces faits qui paraissent tout à fait contradictoires ?... Peut-être ce phénomène vraiment paradoxal provient-il simplement de ce que la partie antérieure serait à la fois plus prompte à réagir et aussi plus prompte encore à l'accoutumance ? Nous émettons cette hypothèse comme une explication provisoire, naturellement.

En somme, l'anesthésie par la cocaïne, chez les Epinoches, a déterminé du ralentissement des mouvements, de l'incoordination et de la parésie des nageoires, de l'immobilité, de la lourdeur avec chute du corps, du déséquilibre, surtout latéral dans l'anesthésie de la partie antérieure et surtout longitudinal dans l'anesthésie de la région postérieure, et enfin de la décoloration tégumentaire !

B) *Cocaïnisation des Cyprins dorés.*

—EXPÉRIENCE 1. — Cette expérience est faite sur 6 Cyprins :

N° I.

- 10 h. 23, *cocaïnisé la moitié antérieure droite de la L. L.*
10 h. 30, immobile à la surface ;
10 h. 40, il nage lentement ; sa tête plonge ;
11 h. 15, il est couché sur le flanc gauche, au fond ;
3 h., il est toujours inerte, couché sur le fond.
Plongé dans l'eau courante, il paraît normal le lendemain.

N° II.

- 10 h. 25, *cocaïnisé la moitié postérieure droite de la L. L.*
10 h. 32, le Cyprin est immobile à la surface ;
10 h. 45, il nage lentement ; sa tête plonge ;
11 h., il nage lentement tout au fond ; sa tête plonge encore ;
3 h., il nage toujours lentement ; sa tête plonge toujours.
Il est placé dans l'eau courante ; le lendemain il paraît normal.

N° III.

- 10 h. 30, *cocaïnisé toute la L. L. droite :*
10 h. 35, le Cyprin s'immobilise et tombe au fond ;
10 h. 45, il est inerte au fond, les nageoires collées ;
11 h. 10, il nage très lentement ;
3 h., il paraît être normal.

N° IV.

- 10 h. 45, *cocaïnisé bilatéralement la moitié antérieure de la L. L.*
10 h. 36, le Cyprin est couché sur le flanc droit ;
10 h. 45, il est immobile, les nageoires collées ; sa tête plonge ;
11 h. 15, il s'agite un peu et nage péniblement ;
3 h., Il reste engourdi et nage avec peine.
Le lendemain : lenteur, tête baissée, nageoire droite collée !

N° V.

- 10 h. 40, *cocaïnisé bilatéralement la moitié postérieure de la L. L.*
10 h. 40, immobilité immédiate ; il se couche sur le flanc droit ;

10 h. 45, il est inerte, les nageoires collées ;

11 h., il est tout à fait inerte !

3 h., il est inerte couché sur le flanc, mais il respire encore !

Quoique placé dans l'eau courante, il meurt le lendemain !

N° VI.

9 h. 35, cocaïnisé la moitié antérieure du dos, sans toucher à la L. L. ni à la tête :

9 h. 40, il nage très bien, mais un peu plus lentement et un peu plus profondément, semble-t-il ;

9 h. 55, il nage à la surface et il est tout à fait normal.

Quatre jours plus tard, ces expériences sont renouvelées ; elles donnent les mêmes résultats, soit : ralentissement, inertie, déséquilibre ; l'excitation du début est presque imperceptible !

Le flanc droit d'un autre Cyprin est cocaïnisé en évitant de toucher à la L. L. : aucun déséquilibre n'est observé. Par contre, les nageoires présentent de temps en temps, une légère incoordination et un léger collement ; peut-être un peu de cocaïne a-t-elle coulé sur les organes latéraux, ce qui serait possible malgré toute notre attention ?

EXPÉRIENCE 2. — Chez trois Cyprins :

N° I.

9 h., *cocaïnisation des yeux d'un Cyprin doré.*

Immédiatement il se produit de la tendance à descendre et du ralentissement du mouvement des nageoires ;

9 h. 50, les nageoires sont à peu près collées ; l'animal se laisse tantôt monter à la surface, tantôt couler dans la profondeur ;

11 h. 15, il nage très bien, malgré le ralentissement des nageoires.

N° II.

11 h. 20, *cocaïnisation des fossettes nasales.*

Immédiatement, le Cyprin pique la tête au fond, perpendiculairement ; il se relève, mais la tête plonge toujours ;

11 h. 40, le déséquilibre antéro-postérieur est toujours très marqué ;

5 h., le déséquilibre persiste : la tête et la queue plongent tour à tour.

Deux jours plus tard, la tête plonge encore ; les nageoires restent et les mouvements ralentis.

N° III.

9 h., *cocaïnisation du museau d'un Cyprin.*

De suite les nageoires désordonnées se collent alternativement ; l'animal est désemparé, déséquilibré : il se laisse tomber au fond, fait des efforts pour se relever et retombe encore. La tête et la queue plongent tour à tour.

12 h., le Cyprin est immobilisé à la surface, penché sur le flanc. Le lendemain son déséquilibre est complet ; l'articulation de la nageoire pectorale gauche présente une tache hémorragique. Le surlendemain, il est mort !

Donc encore ici, l'anesthésie de la L. L. produit du ralentissement, de l'incoordination des mouvements, du déséquilibre et même des troubles vaso-moteurs. Pour nous l'expliquer, n'oublions pas que les lèvres, les fossettes nasales et l'œil reçoivent des fibres nerveuses du nerf latéral.

Après ces quelques expériences, nous avons dû renoncer à nous servir des Cyprins dorés, à cause que leurs flancs se desquamement trop facilement. Cette desquamation nous paraît due non seulement à l'usage de la cocaïne, mais aussi à l'emploi du linge et du coton utilisés pour sécher les flancs de l'animal.

C) Cocaïnisation de deux Perches :

EXPÉRIENCE 1. — Vu l'inertie des Perches à la température du laboratoire, elles sont placées dans l'eau à 25° C, pour l'expérience entreprise ici.

N° I.

2 h. 35, *cocaïnisé la moitié postérieure droite de la L. L.*

2 h. 37, elle se penche sur le flanc gauche et descend au fond ;

2 h. 39, les nageoires se collent légèrement ; la tête plonge ;

2 h. 47, la tête plonge ; l'équilibre transversal est instable ;

2 h. 50, la tête plonge fortement ; les nageoires sont agitées ;

3 h., *cocaïnisation du même segment à gauche :*

3 h. 10, déséquilibre transversal ; la tête plonge fortement ;

4 h., déséquilibrée, elle est placée dans l'eau courante.

N° II.

2 h. 44, *cocaïnisation de la moitié antérieure droite de la L. L.*

2 h. 45, les mouvements sont ralentis; le corps descend; la tête plonge ;

2 h. 48, déséquilibre latéral momentané ; le corps est inerte au fond ;

2 h. 55, les nageoires s'agitent ; la partie antérieure plonge encore ;

3 h. 03, *cocaïnisation du même segment à gauche* : immédiatement, grand déséquilibre latéral ; la Perche se retourne sur elle-même ; elle demeure ensuite sur le flanc gauche, la tête relevée, la queue plongeant, les nageoires immobiles rapprochées du corps ! Elle est jetée dans l'eau courante. Le sous-lendemain, elle est morte !

On voit donc que les résultats sont encore les mêmes : parésie des mouvements; incoordination et déséquilibre ; enfin, ne résistant plus à la gravité, le corps est entraîné au fond du vase.

C) *Cocaïnisation des Tanches.*

EXPÉRIENCE 1. — 4 Tanches sont cocaïnisées par trois coups de pinceau, appliqués différemment :

N° I.

5 h. 10, *cocaïnisation de toute la L. L. gauche* :

5 h. 17, légère agitation ; immobilité ; chute du corps au fond;

5 h. 30, après excitation et mouvements, elle retombe au fond;

N° II.

5 h. 12, *cocaïnisation de toute la L. L. droite* :

5 h. 17, agitation générale du corps ;

5 h. 21, chute au fond, la tête baissée et les nageoires immobiles ;

5 h. 30, elle se trémousse et retombe inerte au fond du vase.

N° III.

5 h. 15, *cocaïnisation bilatérale de la L. L. antérieure (tête exceptée)* :

5 h. 18, légère excitation suivie d'immobilité à la surface ;

5 h. 28, chute au fond du vase, tête en avant ; inertie.

5 h. 30, lorsqu'on l'excite, elle nage un peu et retombe inerte.

N° IV.

5 h. 17, *cocaïnisation bilatérale de la L. L. postérieure* :

5 h. 19, légère excitation, puis elle nage à reculons, essouffée :

5 h. 25, la tête penche, le corps tombe malgré des efforts contraires ;

5 h. 30, efforts inutiles de relèvement.

Toutes ces Tanches, placées dans l'eau courante, paraissent normales le lendemain.

L'expérience est renouvelée en augmentant la dose de cocaïne ; cinq coups de pinceau sont appliqués cette fois. Les résultats sont les mêmes, mais beaucoup plus prononcés et suivis de décoloration plus ou moins forte des téguments.

EXPÉRIENCE 2. — Pour voir les conséquences de la différence de dosage, 8 Tanches sont réparties en quatre lots de deux individus chacun. Une Tanche de chaque lot reçoit *trois*, et l'autre *six* coups de pinceau sur le même segment du nerf latéral.

Premier lot. — *Toute la L. L. droite est cocaïnisée* :

Tous les symptômes, y compris la décoloration, sont beaucoup plus marqués chez celle qui a reçu 6 coups de pinceau.

Deuxième lot. — *La moitié postérieure de la L. L. est cocaïnisée bilatéralement* : les symptômes sont les mêmes, avec décoloration, mais beaucoup plus marqués chez la plus cocaïnisée.

Troisième lot. — *La moitié antérieure de la L. L. est cocaïnisée bilatéralement* : mêmes symptômes plus prononcés avec six coups de pinceau ; mais, pas de décoloration.

Quatrième lot. — *Les L. L. de la tête seulement sont cocaïnisées* : au bout d'un quart d'heure, décoloration générale chez toutes deux ; mais beaucoup plus forte chez la plus fortement cocaïnisée.

Le lendemain, la décoloration reste apparente chez toutes, surtout chez les individus du quatrième lot (cocaïnisation des L. L. de la tête) chez lesquels commence une desquamation des flancs, en arrière des nageoires pectorales.

Comme l'anesthésie n'a pas produit de décoloration des individus du troisième lot (moitié antérieure de la L. L., tête non comprise) six coups de pinceau sont passés à l'un sur toute la

L. L. de la tête, et, à l'autre, sur les deux branches frontales seulement : trois heures après, on constate chez tous deux une légère décoloration qui se remarque encore le cinquième jour !

En ce moment, les lots III et IV présentent de la desquamation et du déséquilibre.

Le septième jour, les individus des lots I, II et IV redeviennent normaux, tandis que ceux du lot III se déséquilibrent de plus en plus. Ces derniers plongent tantôt de la queue et tantôt de la tête ; ils ont des mouvements de recul ; les bords de leurs nageoires s'effritent ; leurs flancs se décolorent et se dénudent. Enfin, après être tombés dans un état de déséquilibre complet, l'un meurt le 8^e et l'autre le 9^e jour, le derme ravagé par de profonds troubles vaso-moteurs, sous forme de plaques régionales envahissantes, caractéristiques.

En somme, les conséquences de l'anesthésie de la L. L. par la cocaïne, chez les Tanches, sont les suivants : excitation, puis ralentissement et immobilité ; déséquilibre ; décoloration ; parfois mouvements de recul et troubles vaso-moteurs qui peuvent être profonds et envahissants, enfin mort !...

CHAPITRE III

Éthérisation de la Ligne latérale

A) Chez les *Epinoches*.

EXPÉRIENCE 1. — Dans l'aquarium à labyrinthe (figure 15), une *Epinocha* est placée au fond du couloir A. Flairant les bords, elle met une première fois quatre minutes et une seconde fois deux minutes pour arriver en C, partie la moins éclairée.

Après *éthérisation de la L. L. droite*, sous l'influence de l'excitation, elle franchit le même espace en 30 secondes ! Puis la nageoire gauche, la droite ensuite, se collent aux flancs ; le corps descend, la queue en avant. L'animal fait de visibles efforts pour lutter contre la chute, sans y parvenir, de sorte que tantôt il descend et tantôt il remonte. Ce manège, commencé à la 6^e minute, continue longtemps. La tête et la queue plongent alternativement en mouvement de bascule autour d'un axe fictif, transversal, traversant le milieu du corps. Ces symptômes ont duré environ deux heures et demie et se sont ensuite beaucoup amendés.

A ce moment-là, *de l'éther est passé sur la L. L. des deux côtés* : excité, l'animal passe immédiatement de A en B ; là, il se tourne et se retourne sur soi-même comme un tourniquet, très agité : les épines ventrales et dorsales se dressent ; le corps descend malgré ses vifs efforts de relèvement ; les nageoires d'abord désordonnées se collent, et l'animal pirouette sur place.

EXPÉRIENCE 2. — Cette expérience a pour but de comparer les effets de l'éthérisation : 1^o sur la L. L. droite et gauche ; 2^o sur les segments antérieur et postérieur ; 3^o sur l'éthérisation croisée, soit d'un segment antérieur d'un côté et postérieur de l'autre. Voici donc les résultats obtenus, avec l'annotation du temps précis de chaque observation :

2 coups de pinceau sur la L. L. gauche :

9 h. 27, éthérisation; excitation.

9 h. 40, ralentissement; mouvements de recul; une nageoire s'arrête par instants.

9 h. 50, l'animal nage, tête penchée.

9 h. 55, la queue plonge légèrement.

10 h. 05, il agite ses nageoires.

10 h. 10, la tête reste penchée.

10 h. 30, il paraît normal.

2 coups de pinceau sur la L. L. droite :

9 h. 30, éthérisation; excitation.

9 h. 31, la nageoire droite est collée.

9 h. 37, les 2 nageoires sont collées; le corps tombe au fond.

9 h. 55, la nageoire gauche s'agite; la tête plonge.

10 h. 30, l'épinoche nage; sa tête plonge; la queue se tord à droite.

10 h. 55, il paraît normal.

2 coups de pinceau sur la L. L. antérieure, bilatéralement :

9 h. 32, éthérisation; excitation.

9 h. 38, nageoires ralenties; l'animal se laisse tomber.

9 h. 40, nageoires immobiles; légers mouvements de recul.

9 h. 43, décoloration.

9 h. 50, il nage au fond lentement; sa tête est penchée.

10 h. 05, la tête plonge fortement.

10 h. 55, il paraît normal.

2 coups de pinceau sur la L. L. postérieure, bilatéralement :

5 h. 42, éthérisation; excitation; la tête plonge; mouvements de recul.

9 h. 43, il tombe au fond, les nageoires pectorales collées.

10 h. 11, inerte et décoloré.

10 h. 20, il dresse ses épines.

10 h. 55, inerte; touché, il nage; il paraît à peu près normal, mais les mouvements sont lents.

3 coups de pinceau sur la L. L. antérieure bilatéralement :

9 h. 49, éthérisation; excitation.

9 h. 50, les nageoires sont collées; chute et efforts de relèvement; la queue et la tête plongent alternativement.

10 h. 05, la tête plonge perpendiculairement.

10 h. 10, il est inerte et décoloré.

10 h. 30, il nage; la tête plonge.

10 h. 55, il dévore des vers.

3 h. 20, il agite lentement ses nageoires et paraît normal.

3 coups de pinceau sur la L. L. postérieure bilatéralement :

9 h. 55, éthérisation; forte agitation; chute au fond; la tête et la queue plongent alternativement.

10 h., inerte ; les nageoires sont collées.

10 h. 10, décoloration.

10 h. 45, efforts de relèvement ; déséquilibre antéro-postérieur.

11 h. 45, les nageoires se collent de temps à autre.

3 h. 20, il est à peu près normal.

*Ethérisation croisée de la partie antérieure droite
et de la partie postérieure gauche de la L. L.*

10 h. 02, éthérisation : immédiatement grande agitation, surtout de la queue qui plonge; toutes les épines se dressent.

10 h. 05, le corps descend malgré ses efforts de relèvement; ralentissement et incoordination des nageoires; la gauche se colle; mouvements de recul.

10 h. 12, le corps est complètement inerte au fond; la queue se fard à droite; les deux nageoires sont collées.

11 h. 45, une nageoire se décolle et se meut; l'animal touché s'enfuit.

Il ressort, on le voit, de l'ensemble de ces observations, que les effets de *trois* coups de pinceau sont beaucoup plus marqués que ceux de *deux* coups seulement. L'anesthésie de la L. L. par l'éther produit donc, après une excitation passagère, du ralentissement, du déséquilibre, de l'incoordination, des mouvements de recul, de chute et de décoloration.

EXPÉRIENCE 3. — Cette expérience est destinée à mesurer le ralentissement provoqué par l'éthérisation de la L. L. : onze Epi-noches sont introduites au fond d'une éprouvette de soixante centimètres de hauteur, divisée en quatre compartiments étagés les uns sur les autres A, B, C, et D, en les comptant de bas en

haut. Les Epinoches tendent naturellement à monter de A en D. L'expérience est faite d'abord sur les animaux non éthérisés et ensuite, après leur éthérisation, par trois coups de pinceau.

Avant l'éthérisation					Après l'éthérisation				
	A	B	C	D		A	B	C	D
9 h. 30....	11	0	0	0	10 h. 40....	11	0	0	0
9 h. 35....	9	2	0	0	10 h. 45....	11	0	0	0
9 h. 40....	7	3	1	0	10 h. 50....	11	0	0	0
9 h. 45....	6	1	4	0	10 h. 55....	11	0	0	0
9 h. 50....	4	5	2	0	11 h.	11	0	0	0
9 h. 55....	3	5	2	1	11 h. 05....	10	1	0	0
10 h.	2	3	6	0	11 h. 10....	9	2	0	0
10 h. 05....	2	4	5	0	11 h. 15....	9	2	0	0
10 h. 10....	2	3	6	0	11 h. 20....	9	2	0	0
10 h. 15....	0	5	3	3	11 h. 25....	9	2	0	0
10 h. 20....	2	4	3	2	11 h. 30....	8	3	0	0
10 h. 25....	2	4	2	3	11 h. 35....	8	2	1	0
	50	39	34	9		117	17	1	0

On constate, par la simple comparaison de ces chiffres, le grand ralentissement des mouvements provoqué par l'éthérisation de la L. L. faite seulement d'un seul côté du corps. Naturellement, l'anesthésie a produit tous les autres phénomènes concomitants : collements des nageoires, déséquilibre, incoordination, mouvements de recul, chute et décoloration.

B) *Ethérisation de Tanches*

EXPÉRIENCE 1. — Cette expérience est faite sur 4 Tanches pour contrôler les effets remarquables sur les Epinoches. A cause de leur grosseur et de leur inertie habituelle, *quatre coups de pinceau* sont passés sur les parties à anesthésier. •

Ethérisation de la L. L. droite :

9 h. 16, éthérisation; excitation; la Tanche flanche à droite.

9 h. 24, elle s'immobilise au fond.

9 h. 30, la nageoire droite se colle au flanc.

9 h. 45, lenteur ; la tête se dresse et tombe ; les nageoires s'agitent par instants; trémoussement léger.

10 h. 00, décoloration.

10 h. 45, déséquilibre antéro-postérieur : tête et queue plongent alternativement; la tête est devenue jaune-or.

Ethérisation de la L. L. gauche :

9 h. 19, éthérisation; légère excitation.

9 h. 35, décoloration.

9 h. 42, engourdissement des nageoires.

9 h. 50, la tête plonge et efforts de relèvement.

10 h. 05, fort trémoussement.

10 h. 55, nage; léger mouvement de recul; déséquilibre antéro-postérieur; queue et tête plongent alternativement; de foncés, les téguments sont devenus jaune-or.

Ethérisation bilatérale de la partie antérieure de la L. L. :

9 h. 21, éthérisation; légère excitation, puis chute au fond.

9 h. 38, coloration jaune-or.

9 h. 43, mouvements de recul; la tête tombe et se relève.

9 h. 45, les nageoires sont engourdies; mouvements de recul.

10 h. 10, mouvements de recul.

10 h. 55, équilibre antéro-postérieur instable; belle coloration jaune-or.

Ethérisation bilatérale de la partie postérieure de la L. L. :

9 h. 24, éthérisation; légère excitation.

9 h. 26, elle est inerte au fond.

9 h. 45, la tête se redresse et tombe.

9 h. 47, la nageoire gauche se colle.

9 h. 55, les 2 nageoires se collent.

10 h. 00, pas de décoloration.

10 h. 10, flanche légèrement sur le côté gauche.

10 h. 55, déséquilibre antéro-postérieur; la décoloration se marque, mais moins que chez les autres.

L'éthérisation de la L. L. chez les Tanches produit donc, en somme, les mêmes effets que chez les Epinoches : ralentissement et incoordination des nageoires; déséquilibre; mouvements de recul et changement de la pigmentation : chez l'Epinoche les téguments se pâlisent, tandis que chez la Tanche — riche en pigments jaunes — les téguments, de foncés qu'ils sont normalement, deviennent jaune-or !

EXPÉRIENCE 2. — *Toute la L. L. (sauf la tête) est éthérisée de 5 coups de pinceau.* L'animal est remplacé immédiatement dans un grand aquarium. Voici les réactions observées : il y a d'abord une période d'excitation manifestée par la brusquerie des mouvements; puis de légers mouvements de recul; du déséquilibre antéro-postérieur, c'est-à-dire que tantôt la tête et tantôt la queue plongent dans le vase; il y a tendance du corps à descendre et incoordination des mouvements des nageoires qui tendent à se coller. Tous ces mouvements deviennent engourdis, disgracieux et lourds.

EXPÉRIENCE 3. — *Les barbillons d'une Tanche reçoivent 3 coups de pinceau trempé dans l'éther.* Effets constatés : immobilité et torsion de la queue; pas de décoloration; le lendemain, cette Tanche est normale.

EXPÉRIENCE 4. — *Ethérisation des fossettes olfactives par 3 coups de pinceau.* Effets constatés : 10 minutes après, immobilité et légère décoloration générale. Le lendemain, cette Tanche est normale, sauf qu'elle présente une coloration jaune de ses téguments, alors qu'auparavant ceux-ci étaient bruns foncés.

EXPÉRIENCE 5. — Deux Tanches sont éthérisées de 3 coups de pinceau sur la L. L. de la tête : l'une sur la L. L. droite seulement et l'autre sur toutes les L. L. des deux côtés.

L. L. droite seulement :

9 h. 02, éthérisation.
9 h. 10, immobilité.
9 h. 45, légère décoloration.
Le lendemain, normale.

L. L. des deux côtés de la tête :

9 h. 05, éthérisation; immobilité.
9 h. 09, forte décoloration de la tête.
9 h. 25, décoloration générale.
Le lendemain, presque normale.

Il est à remarquer que l'éthérisation de la tête, du moins à la dose employée, produit seulement de l'immobilité et de la déco-

loration, ou plutôt des troubles de la pigmentation, puisque la teinte des téguments devient jaune; mais, à cette dose, il n'y a ni incoordination, ni déséquilibre, ni mouvement de recul, ni chute du corps. D'autre part, l'intensité et la rapidité des symptômes observés sont proportionnelles à la surface éthérisée.

EXPÉRIENCE 6. — *Ethérisation de la nageoire caudale.* Cette nageoire est trempée une seconde dans l'éther : elle devient insensible au contact, à la piqure et à la pression, mais la Tanche continue à s'en servir. Deux jours après, la nageoire se desquame et s'effrite peu à peu, sans se décolorer; il se produit aussi du déséquilibre antéro-postérieur. L'animal meurt le 5^e jour ; ses téguments sont décolorés par petites plaques disséminées sur la partie supérieure des flancs.

Ethérisation des deux nageoires pectorales. — Rapidement trempées dans l'éther, ces nageoires deviennent insensibles à la pression, au toucher, à la piqure, mais elles servent encore à l'animal, car elles restent mobiles. Peu à peu il se produit sur le corps des plaques de desquamation et de décoloration. L'animal meurt le 5^e jour !

L'éthérisation de la nageoire dorsale produit des résultats identiques à ceux que nous venons de signaler.

Ethérisation des lèvres d'une Tanche sans toucher aux fossettes olfactives. Résultats : elle se heurte aux parois de l'aquarium ; elle a aussi des mouvements rythmés de l'ouverture buccale comme pour avaler. Au bout de 4 heures, elle présente de l'engourdissement et de la diminution de la sensibilité générale ; il y a aussi un léger déséquilibre et une légère desquamation de l'épiderme touché. Elle meurt le lendemain. Les téguments présentent une coloration jaune-or sur des régions à peu près symétriques des deux côtés du corps; sur les parties saines, tout à fait sur la L. L., on voit de petites taches hémorragiques.

Ethérisation des fossettes olfactives d'une Tanche. Résultats : agitation d'abord, puis elle nage à la surface de l'eau. Au bout de 7 jours, elle meurt, présentant les symptômes suivants : petites plaques noirâtres le long du dos, surtout dans la région postérieure, ce qui dénote évidemment un désordre vaso-moteur du derme; belle teinte dorée sur les flancs.

Ethérisation des flancs et du dos d'une Tanche, sans toucher à la L. L. Résultats : légère agitation d'abord et rien autre de saillant. Mais 2 jours après, elle meurt ! Elle présente alors de la décoloration ou plutôt de la coloration or des flancs, et aussi des plaques hémorragiques du derme !

Malgré toutes nos précautions, il faut le dire, il est possible que l'éther, très diffusible dans l'eau, ait atteint la L. L. de sorte qu'ici les résultats ne sont pas d'une clarté absolue.

C) *Ethérisation des Perches*

EXPÉRIENCE 1. — *Une Perche est éthérisée en croisé*, par 4 coups de pinceau, sur le segment antérieur de la L. L. droite et sur le segment postérieur de la L. L. gauche :

9 h.32, éthérisation : immédiatement il se produit un léger déséquilibre latéral, le corps penche sur le flanc droit; les deux nageoires pectorales se collent l'une après l'autre; collée aussi la ventrale droite.

9 h.55, la queue est légèrement incurvée à droite.

10 h.00, le corps est immobile, légèrement penché à gauche.

10 h.55, l'inertie est complète; placé sous un jet d'eau froide, l'animal nage, mais il est déséquilibré; la tête se relève, mais la queue plonge presque perpendiculairement.

EXPÉRIENCE 2. — Deux Perches sont éthérisées par 3 coups de pinceau :

L'une sur la L. L. droite :

9 h.40, éthérisation.

9 h.45, ralentissement; les nageoires se collent; léger déséquilibre.

Le lendemain elle est normale.

L'autre sur les L. L. de la tête :

9 h.40, éthérisation.

9 h.41, déséquilibre; difficulté des mouvements; les nageoires se collent.

Le lendemain elle est normale.

EXPÉRIENCE 3. — Deux Perches sont éthérisées fortement :

L'une sur la L. L. postérieure bilatéralement :

4 h.37, éthérisation.

4 h. 50, ralentissement; les nageoires se collent; la tête plonge.

5 h. 00, légers mouvements de recul; la queue se tord.

Elle meurt le quatrième jour !

L'autre sur les L. L. de la tête excepté les fossettes olfactives :

4 h. 35, éthérisation.

4 h. 45, ralentissement des mouvements; la queue plonge.

4 h. 50, déséquilibre très marqué, transversal et antéro-postérieur.

5 h. 00, la queue plonge fortement.

Elle meurt le second jour !

L'éthérisation de la L. L., on le voit, produit donc du ralentissement, du déséquilibre, de l'incoordination, des troubles vasomoteurs et pigmentaires et même la mort à brève échéance, si la dose d'éther est un peu forte !

CHAPITRE IV

Réactions de la Ligne Latérale au Laudanum.

A) Laudanisation des Epinoches

EXPÉRIENCE 1. — N° 1. — 10 h. *Laudanisé bilatéralement la moitié postérieure de la L. L.* Résultats : arrêt des mouvements; tendance du corps à tomber; les nageoires pectorales se collent, mais touchées elles s'agitent.

11 h. 50, l'animal paraît normal.

1 h. 30, *les deux lignes latérales sont laudanisées à nouveau :*

1 h. 34, l'animal tombe au fond, les nageoires collées.

2 h. 45, il monte à la surface et nage calmement.

3 h. 10, il paraît normal. Il est placé dans l'eau courante.

N° 2. — *Laudanisé bilatéralement la moitié antérieure de la L. L.* (tête non comprise) : quatre minutes après, les nageoires désordonnées se collent ; l'animal tourne sur lui-même et s'immobilise. Deux heures plus tard, il paraît normal.

1 h. 34, *les deux L. L. sont laudanisées ;*

1 h. 37, l'Epinoche pirouette sur elle-même comme une toupie, la tête relevée ; le corps tend à descendre.

1 h. 52, déséquilibre antéro-postérieur ; la tête est relevée.

3 h 10, l'animal nage avec peine ; le corps est penché sur le flanc droit ; la tête plonge. Le déséquilibre dans tous les sens est manifeste.

N° 3. — *Laudanisé les deux faces ventrales postérieures, sans toucher à la L. L. :* immédiatement l'animal tombe au fond du vase. Les nageoires se ralentissent, mais elles ne se collent pas ;

après quelques minutes, le Poisson nage près du pourtour du vase en décrivant un mouvement de vis sans fin. A 3 heures, c'est-à-dire une heure après le début, il paraît normal.

Il convient de remarquer que malgré l'attention de l'expérimentateur, il est fort possible que le laudanum, dissous dans l'eau, ait atteint la L. L. et ait ainsi produit ces effets ?

EXPÉRIENCE 2. — N° 1. — *Deux coups de pinceau sont passés sur le museau* d'une Epinoche à 10 h. 40 : elle tombe lentement au fond du vase, les nageoires collées aux flancs ; puis elle s'agite en se traînant comme essoufflée ; à 10 h. 55, elle a des mouvements de recul et plonge la tête au fond du vase. Le lendemain matin, elle est morte et décolorée.

N° 2. — A 10 h. 42, *deux coups de pinceau sont passés sur les deux L. L. du corps* d'une Epinoche, mais sans toucher à la tête : l'animal, légèrement excité monte et descend ; il tombe ensuite au fond du vase et présente un fort ralentissement des mouvements. A 11 heures, il nage à peu près normalement.

B. — *Laudanisation de Perches :*

N° 1. — à 9 h. 45, *laudanisé bilatéralement le tiers postérieur de la L. L., par deux coups de pinceau* : à 9 h. 50, les nageoires pectorales sont collées et les mouvements ralentis.

N° 2. — *Laudanisé bilatéralement le tiers moyen de la L. L. par deux coups de pinceau* : résultats : ralentissement ; nageoires collées et torsion de la queue.

N° 3. — *Laudanisé bilatéralement le tiers antérieur de la L. L. par deux coups de pinceau*. Résultats : immobilité à la surface ; nageoires collées et torsion de la queue.

C. — *Laudanisation des Tanches.*

EXPÉRIENCE 1. — Laudanisé deux fortes Tanches, dont la première reçoit quatre coups de pinceau sur la moitié postérieure de la L. L. bilatéralement et la deuxième, quatre coups aussi sur la moitié antérieure bilatéralement : elles n'en paraissent pas incommodées ; tout au plus remarque-t-on un ralentissement des

mouvements. La dose du laudanum n'a probablement pas été assez forte pour produire des phénomènes plus marqués.

EXPÉRIENCE 2. — A 9 h. 35, *toutes les L. L. de la tête sont laudanisées*. Résultats : agitation pendant un quart d'heure ; mouvements brusques de montée et de descente, le museau aux parois ; légers mouvements de recul ; tendance du corps à tomber, la queue en avant. A 11 h., mouvement de recul ; la queue tombe ; pas de décoloration. Le lendemain, la queue desquamée plonge et les mouvements restent ralentis.

EXPÉRIENCE 3. — A 8 h. 50, deux Tanches sont laudanisées *bilatéralement sur la moitié antérieure de la L. L., l'une par trois et l'autre par six coups de pinceau* :

3 coups de pinceau :

8 h. 55, plaque décolorée sur flanc gauche antérieur.

11 h. 50, une plaque identique se dessine sur flanc droit.

6 coups de pinceau :

9 h. 35, plaque décolorée à la queue, sur le côté droit.

10 h. 50, plaques décolorées sur la queue à gauche et sur le flanc droit.

EXPÉRIENCE 4. — Deux Tanches reçoivent, l'une *trois* coups de pinceau et l'autre *six* coups, *sur la moitié postérieure de la L. L., bilatéralement* : toutes deux présentent du ralentissement, du déséquilibre antéro-postérieur et de la décoloration ; ces effets sont beaucoup plus marqués chez celle qui a reçu la dose la plus forte.

Une autre reçoit *trois coups de pinceau sur les L. L. de la tête* : 10 minutes après, ces lignes sont très noires ; au bout de 45 minutes, il se produit une décoloration générale des téguments ; l'animal se trémousse et les mouvements se ralentissent.

Trois coups de pinceau sur la L. L. droite d'une autre ne provoquent qu'un peu d'agitation.

Une cinquième a ses *fossettes nasales* laudanisées. Résultat : mouvements de recul ; engourdissement des nageoires ; la queue descend.

EXPÉRIENCE 5. — Une dose plus forte, 5 coups de pinceau est appliquée à *cinq* Tanches :

A la première, *sur les L. L. de la tête* : ces lignes deviennent noires, les mouvements s'engourdissent.

A la deuxième, *sur la moitié postérieure de la L. L. bilatéralement* : la ligne se marque en noir ; les mouvements sont engourdis.

A la troisième, *sur toute la L. L. droite* : agitation ; la ligne laudanisée se marque en noir ; mouvement de recul.

A la quatrième, *la moitié antérieure de la L. L. bilatéralement* : mouvements de recul ; engourdissement.

A la cinquième, *sur la moitié antérieure du dos* : aucun effet quelconque ; l'animal reste tout à fait normal.

De toutes ces expériences, en tenant compte naturellement des différences spécifiques et individuelles, il ressort évidemment que l'anesthésie de la L. L. par le laudanum produit les effets suivants, plus ou moins marqués, suivant les doses employées et selon les segments touchés : ralentissement et incoordination des mouvements ; collement des nageoires ; déséquilibre ; mouvement de recul ; chute du corps et, parfois, décoloration.

CHAPITRE V

Réactions au Chloroforme et à l'Alcool.

A. — *Le chloroforme.*

EXPÉRIENCE 1. — Cette expérience porte sur 4 *Tanches* qui ont reçu *trois coups de pinceau* trempé dans le chloroforme :

La première, sur toutes les L. L. de la tête. Résultats : courte agitation suivie d'immobilité ; touchée, elle se trémousse. 1 h. 1/2 plus tard, elle paraît normale. Le lendemain matin, elle présente une belle coloration or.

La deuxième, sur la moitié antérieure de la L. L. bilatéralement :

8 h. 38, anesthésie au chloroforme ; agitation ; trémoussement ; légère décoloration.

9 h. 20, calme ; touchée, elle se trémousse ;

10 h., — belle coloration or.

La troisième, sur la moitié postérieure de la L. L. bilatéralement :

8 h. 40, anesthésie ; agitation.

8 h. 50, calme, presque inerte ; mais touchée, elle se trémousse.

10 h., — elle est engourdie ; le lendemain, elle présente une belle coloration « or ».

La quatrième reçoit trois coups de pinceau sur toute la surface de l'abdomen : elle ne présente aucun symptôme quelconque et reste tout à fait normale.

EXPÉRIENCE 2. — Voici maintenant *deux Perches* ; la première reçoit *trois coups* de pinceau sur les L. L. et la seconde *six coups* de pinceau sur la même ligne :

Première, trois coups de pinceau :

8 h. 45, anesthésie.

9 h., — léger engourdissement et déséquilibre.

10 h., — engourdissement des nageoires ; la queue tombe. Le lendemain matin elle est morte ; décoloration générale.

Deuxième, six coups de pinceau :

8 h., — anesthésie.

9 h., — engourdissement et déséquilibre plus marqués.

10 h., — la tête plonge fortement ; les nageoires sont immobiles ; le lendemain matin, elle est morte, mais elle est peu décolorée.

Le chloroforme produit donc aussi de l'engourdissement, du déséquilibre et de la décoloration des téguments. Il paraît être fortement toxique pour les Perches ; mais il est à remarquer que, appliqué sur l'abdomen, lorsqu'on ne touche pas à la L. L., il ne donne aucun résultat.

B. — *L'alcool.*

EXPÉRIENCE. — L'alcool (à 95°) a été expérimenté sur *quatre* lots d'Epinoches. Celles des trois premiers lots avaient été cocaïnisées précédemment ; elles paraissaient être redevenues normales, sauf qu'elles restaient décolorées. Le quatrième lot est formé de deux Epinoches qui n'ont pas été cocaïnisées ; mais l'une d'elles est décolorée par suite d'un séjour dans une pompe à air où l'on avait fait le vide :

Premier lot : (Epinoches) :

9 h. 05, *alcoolisé la moitié postérieure de la L. L. bilatéralement*, par trois coups de pinceau.

9 h. 10, ralentissement des nageoires ; les téguments reprennent la coloration normale en partie du moins.

9 h. 25, une nageoire est collée.

10 h. 25, elles se servent de leurs nageoires.

Deux jours plus tard, elles sont normales, sauf qu'elles restent décolorées comme avant l'expérience.

Deuxième lot : (3 Epinoches) :

9 h. 15, *alcoolisé la moitié antérieure de la L. L. bilatéralement* :

9 h. 20, elles reprennent leur coloration normale ; la partie antérieure du corps se recouvre de fuliginosité ; ralentissement des nageoires ; la plus petite Epinoche est déséquilibrée : elle plonge la tête perpendiculairement. Deux jours plus tard, la plus faible est morte ; les autres sont normales, mais décolorées.

Troisième lot : (3 Epinoches) :

9 h. 30, *alcoolisé la L. L. droite* :

9 h. 35, engourdissement des nageoires ; deux nageoires droites sont collées ; les téguments sont recolorés ; le côté droit se recouvre d'une fine fuliginosité.

10 h. 35, les nageoires droites sont collées.

Deux jours plus tard, toutes sont décolorées, mais normales.

Quatrième lot : (2 Epinoches non cocaïnisées) :

9 h. 40, *alcoolisé les deux L. L. par trois coups de pinceau*.

9 h. 45, les nageoires se collent ; le corps se recoloré et se couvre d'une fine fuliginosité.

10 h. 50, les deux se servent de leurs nageoires.

Deux jours plus tard la décolorée est morte ; l'autre est normale.

Les expériences avec l'alcool n'ont pas été poussées plus loin. Comme on le voit, à part la recoloration des téguments (phénomène qui rentrent encore dans les troubles circulatoires ou modifications vaso-motrices) et la fine fuliginosité qui recouvre les téguments touchés, on obtient les résultats habituels : ralentissement des mouvements ; arrêt des nageoires ; déséquilibre. A bien remarquer qu'un individu de faible constitution et un autre affaibli par un court séjour dans la pompe vidée d'air sont moins résistants et périssent tous deux (1).

(1) Il serait intéressant d'étudier la résistance des Poissons au vide d'air, comme l'a fait notre ami P. Rode pour celle des Planaires et des Hydres (voir P. RODE, *Sur la résistance de quelques organismes à la privation d'oxygène*. Mémoire présenté à la Faculté des Sciences de Paris, 1925). Mais cette étude ne rentre pas dans le cadre du présent travail.

En somme, les réactions produites par l'application, sur la L. L., des différents anesthésiques — parmi lesquels nous avons classé aussi l'alcool — dont les effets paraissent cependant moins violents — sont à peu près identiques, en tenant compte naturellement des idiosyncrasies individuelles et spécifiques. Elles consistent en ralentissement des mouvements, collement ou inertie des nageoires, déséquilibre, chute du corps qui ne peut ordinairement plus lutter efficacement contre l'influence de la gravité, et en troubles plus ou moins profonds de la coloration pigmentaire.

CHAPITRE VI

Réactions obtenues par la destruction du Nerf latéral.

A) Destruction des terminaisons du nerf latéral par l'application de l'ammoniaque liquide.

EXPÉRIENCE 1. — Sur deux *Epinoches* :

N° 1 :

1 h. 45, un pinceau trempé dans l'ammoniaque est passé sur la *L. L. gauche* : immédiatement la nageoire gauche se colle, parésiée, mais non paralysée; l'animal tourne comme une toupie dans la partie profonde du vase;

1 h. 50, il arrive au fond du cristallisoir; la nageoire droite se colle et s'agite de temps en temps; la tête touche le fond et la queue est redressée;

2 h. 20, il nage la tête au fond; la nageoire gauche est toujours collée;

3 h. 10, il est décoloré; pour le reste il paraît normal !

N° 2 :

1 h. 52, le pinceau à l'ammoniaque est passé sur la moitié postérieure de la *L. L. bilatéralement* : une minute après l'*Epinoc*he présente un léger déséquilibre transversal ; elle tombe au fond du cristallisoir, les nageoires pectorales collées aux flancs;

3 h. 10, elle est toujours inerte au fond du vase; touchée, elle sursaute. Le lendemain, elle meurt !

EXPÉRIENCE 2. — *Sur 4 Tanches :*

N° 1 :

8 h. 25, *la moitié postérieure de la L. L. bilatéralement reçoit 4 coups de pinceau trempé dans l'ammoniaque ;*

8 h. 30, lourdeur; la tête et la queue plongent alternativement ;

9 h., — les nageoires pectorales sont engourdies, presque collées ;

9 h. 20, déséquilibre persistant (antéro-postérieur); elle va à sa place habituelle dans l'aquarium : elle sait donc parfaitement bien se diriger ;

10 h. 25, elle flotte à la surface de l'aquarium, tantôt sur le flanc gauche, tantôt sur le flanc droit; elle plonge parfois la tête et remonte dans la même attitude, la tête plongeant perpendiculairement.

Le lendemain, elle flotte à la surface du vase, mais sa tête plonge encore perpendiculairement : le déséquilibre est complet ainsi que la décoloration; le sous-lendemain, elle est couchée au fond du vase, sur le flanc, décolorée et mourante...

N° 2 :

8 h. 35, *toute la L. L. droite reçoit 4 coups de pinceau :*

8 h. 45, ralentissement inégal des nageoires; celle de droite se colle presque au flanc ;

9 h. 20, la nageoire gauche se porte vers le flanc; le flanc droit se décolore;

10 h. 25, la Tanche nage vers le fond; sa tête plonge; elle se retourne plus difficilement à gauche ;

11 h. 10, malgré que sa tête plonge, elle nage lentement, mais elle se dirige très bien où elle veut et évite l'approche de la main qui tente de la saisir ;

2 h. 30, elle manque d'assurance dans son équilibre.

Le lendemain, elle nage difficilement; la queue plonge; les mouvements sont ralentis; parfois il se produit des mouvements de recul. Ces symptômes s'aggravent; elle meurt le 12^e jour !

N° 3 :

8 h. 50, *les deux L. L. reçoivent 4 coups de pinceau :*

8 h. 55, il se produit un fort ralentissement des nageoires pectorales, puis de l'agitation du corps; la Tanche se dirige très bien

vers l'angle où elle s'entête à séjourner; il y a un peu de déséquilibre antéro-postérieur;

9 h. 25, déséquilibre antéro-postérieur évident ; ralentissement ;

2 h. 30, elle est presque inerte au fond du cristalliseur; si on la soulève, il y a déséquilibre et chute du corps.

Le lendemain, le déséquilibre est très fort et il se produit des taches de décoloration; le sous-lendemain, couchée sur le flanc, elle est inerte et décolorée sur le trajet des L. L. Le 5^e jour, elle est morte !

N° 4 :

9 h., — *la moitié de la L. L. droite et la moitié postérieure de la L. L. gauche reçoivent 4 coups de pinceau :*

9 h. 05, la nageoire pectorale droite tend à se rapprocher du flanc; la queue se tord à gauche. La Tanche se dirige très bien vers l'angle où elle veut aller;

9 h. 10, elle s'agite et nage; elle emploie les deux nageoires, mais leurs mouvements manquent de simultanéité; elle présente de brusques mouvements de déséquilibre antéro-postérieur;

3 h. 30, les mouvements sont ralentis; l'équilibre instable; le corps tend constamment à descendre.

Le lendemain, il y a décoloration de la région droite antérieure et de la gauche postérieure de la L. L.; déséquilibre antéro-postérieur; la queue plonge. Le sous-lendemain, la décoloration s'étend autour des L. L. touchées par l'ammoniaque; l'animal nage très difficilement; son corps tend constamment à descendre. Le 12^e jour il meurt !

A la dose employée, l'ammoniaque cause de grands ravages dans le derme des Tanches qui, par la suite, périssent lamentablement. Il n'en ressort pas moins de ces expériences que l'application de l'ammoniaque, caustique détruisant les expansions terminales du nerf latéral, produit chez ces Poissons du ralentissement des mouvements, du déséquilibre, la chute du corps, de profonds troubles vaso-moteurs et de la décoloration. Mais, contrairement à la conclusion de P. de Sède qui attribue à la L. L. une fonction de « direction », ces expériences prouvent clairement, semble-t-il, que l'animal dont le nerf latéral est détruit par la cautérisation ammoniacale, peut parfaitement se

diriger et atteindre le but qu'il poursuit, tant que ses mouvements ne sont pas abolis.

La destruction des expansions terminales du nerf latéral, par le caustique ammoniacal, confirme donc tout ce que nous avons appris jusqu'ici par l'emploi des anesthésiques, car, dans l'ensemble, les effets sont les mêmes.

Mais ici, une question sérieuse se pose encore à notre attention et demande une réponse, une solution claire : est-ce que les résultats obtenus par l'application de tous ces corps chimiques ne seraient pas la conséquence de leur toxicité spéciale et non celle de la destruction de la fonction des expansions terminales du nerf latéral ?

Quoique, logiquement, il soit déjà fort improbable que des corps chimiques si variés aboutissent, par leur toxicité spéciale, à des résultats si semblables, à des symptômes si uniformes et si concordants, nous allons encore laisser parler les faits eux-mêmes, car les faits seuls doivent guider notre logique dans les recherches d'ordre scientifique. Et pour savoir si les effets obtenus sont le résultat de l'intoxication ou bien celui de l'arrêt de la fonction des terminaisons du nerf latéral, nous allons simplement détruire ces terminaisons au thermocautère, de façon que dans cette destruction, il n'entre aucune influence chimique quelconque ! Si donc la destruction des expansions terminales du nerf latéral, par le thermocautère, produit les mêmes désordres et les mêmes phénomènes que l'anesthésie ou la cautérisation par le caustique ammoniacal, nous serons certainement fixés : ces désordres doivent alors être sûrement déterminés par l'abolition du rôle physiologique des terminaisons du nerf latéral. En conséquence, entièrement basé sur les données de l'expérience, nous pourrons ainsi reconnaître ce rôle, si méconnu et si discuté jusqu'ici, dans la biologie des Poissons.

*B) Destruction des terminaisons du nerf latéral
par le thermocautère :*

Chez des Epinoches :

EXPÉRIENCE 1. — *La L. L. est cautérisée bilatéralement, tête non comprise. Résultats : excitation, puis déséquilibre; chute du corps, queue en avant; le mouvement des nageoires pectorales*

est ralenti. Le lendemain, la bête est morte, décolorée, couverte de mucosités, les épines dressées.

EXPÉRIENCE 2. — *La moitié d'abord, puis toute la L. L. droite est cautérisée.* Résultats : déséquilibre antéro-postérieur ; la queue plonge ; le corps tend à tomber ; les nageoires sont ralenties. Ces effets sont beaucoup plus marqués après la cautérisation totale.

La moitié postérieure de la L. L. gauche est ensuite cautérisée chez la même Epinoche : l'animal présente alors des mouvements de recul ; il tourne sur lui-même comme désorienté ; les nageoires ralenties sont encore en mouvement.

La moitié antérieure de la L. L. gauche est alors cautérisée, de sorte que les deux L. L. sont détruites jusqu'aux opercules ; voici les résultats de cette destruction complète : déséquilibre antéro-postérieur très marqué ; déséquilibre latéral ; mouvements de recul très prononcés ; décoloration.

Enfin, *cautérisation des L. L. de la tête* : alors il y a déséquilibre transversal complet ; arrêt des nageoires ; chute du corps et vains efforts de relèvement ; puis l'animal en meurt !

EXPÉRIENCE 3. — *La moitié postérieure de la L. L. droite est cautérisée* : l'animal descend la tête en avant et la queue incurvée à droite.

La moitié postérieure gauche est cautérisée ensuite : la queue se redresse ; les nageoires pectorales se ralentissent ; il se produit de légers mouvements de recul et de la descente.

Les deux L. L. sont entièrement cautérisées : immédiatement il y a déséquilibre dans tous les sens ; l'animal tombe au fond du vase, tête en avant, inerte, haletant ; il y a aussi une légère décoloration. Au bout de quelques minutes, il plonge perpendiculairement, pirouette sur la tête et meurt !

EXPÉRIENCE 4. — *La moitié postérieure droite, puis la moitié postérieure gauche de la L. L. sont cautérisées* : il se produit de l'excitation d'abord, puis l'incurvation de la queue et redressement.

Ensuite, cautérisation des deux moitiés antérieures : cela produit du déséquilibre dans les deux sens antéro-postérieur et latéral ; puis des mouvements de recul très prononcés. Malgré

cela, l'animal conserve son sens de direction, puisque régulièrement il s'écarte de la main qui s'en approche.

Enfin, *cautérisation des L. L. de la tête* : bientôt les nageoires se collent; tous les autres symptômes s'accroissent et l'animal périt !

Chez les Tanche :

EXPÉRIENCE 5. — *Le quart postérieur de la L. L. est cautérisé* : il se produit du déséquilibre ; la Tanche penche sur le côté gauche. Le lendemain, elle a une légère tendance à plonger la tête; pas de décoloration; elle est, en somme, à peu près normale.

EXPÉRIENCE 6. — *La moitié postérieure de la L. L. droite est cautérisée* : il y a de l'instabilité de l'équilibre; la tête plonge un peu. Le lendemain, il reste encore de la tendance à plonger la tête; mais autrement elle paraît normale.

EXPÉRIENCE 7. — *Le quart d'abord, puis la moitié de la L. L. droite est cautérisée* : la Tanche penche d'abord sur son flanc droit, puis sur le flanc gauche et elle s'équilibre peu à peu. Le lendemain, elle présente encore un léger déséquilibre.

Le troisième quart est cautérisé : immédiatement la Tanche se penche sur le flanc gauche; ses mouvements sont ralentis. Placée dans un grand aquarium, elle s'efforce de se tenir à la surface, mais, malgré ses efforts, la queue plonge et le corps descend; pas de collement des nageoires ni de décoloration.

Le quatrième segment de la L. L. droite est cautérisé, de sorte que toute cette ligne est cautérisée jusqu'à la tête : déséquilibre transversal; le corps penche sur le côté gauche; engourdissement. La Tanche s'efforce de nager à la surface, mais le corps tend à descendre; la queue plonge de 45 degrés environ; la nageoire pectorale se colle par instant. Le lendemain, elle est morte, colorée en jaune-or, de foncée qu'elle était !

Chez une Carpe :

EXPÉRIENCE 8. — *La L. L. d'une Carpe (Cyprinus carpio. L.) est cautérisée du côté droit, par segments d'un quart à la fois, en commençant par l'extrémité caudale* :

Après le 1^{er} quart, la tête plonge légèrement.

Après le 2^e quart, l'équilibre transversal est instable; la Carpe

penche tantôt à droite et tantôt à gauche; les mouvements de la queue se ralentissent.

Après le 3^e quart, il ne se produit rien de particulier. Placé dans un cristallisoir où l'eau subit un mouvement giratoire peu intense, l'animal se place à contre-courant comme à l'état normal.

Après le 4^e quart, les mouvements se ralentissent; le déséquilibre augmente; la tête plonge et le corps descend. La Carpe est alors introduite dans un grand aquarium; la tête y plonge de 45 à 60 degrés !

La cautérisation avait commencé à 10 heures du matin et elle était terminée à 11 heures.

Trois heures plus tard, l'animal avait à peu près réussi à rétablir son équilibre : il s'était en quelque sorte déjà réadapté.

Alors, on opère la cautérisation de la L. L. du flanc gauche et de l'anastomose transversale qui, derrière la tête, relie les nerfs latéraux droit et gauche : il s'ensuit du ralentissement et de la difficulté des mouvements, puis survient la chute du corps.

A 2 h. 1/2, les L. L. de la tête sont cautérisées : aussitôt l'équilibre redevient instable; il se produit des mouvements de recul; il y a incoordination des mouvements des nageoires, dont l'une, la droite, s'immobilise. L'animal est placé dans un cristallisoir dont l'eau subit un mouvement circulaire : il s'oriente à l'encontre du courant et s'y maintient comme s'il était normal.

Le lendemain, la queue plonge de 45 degrés environ; il y a de l'engourdissement, de la difficulté à se retourner, de la tendance à descendre. La Carpe cependant sait très bien s'orienter pour fuir la main qui s'en approche : donc elle n'a pas perdu le sens de la direction.

Deux jours plus tard, le déséquilibre s'est beaucoup atténué.

Le quatrième jour, la queue plonge encore parfois d'environ 25 degrés, mais l'animal se réadapte visiblement.

Le huitième jour enfin, cette Carpe, dont toutes les L. L. sont détruites au thermocautère, présente le comportement ordinaire d'une Carpe normale ! Tout au plus a-t-elle encore une certaine difficulté à se retourner lorsqu'elle veut s'enfuir à l'approche brusque de la main. Cette difficulté, qui peut être due du reste aussi bien à la brûlure elle-même des tissus dermiques qu'à la destruction des terminaisons nerveuses du nerf latéral, n'avait

pas encore disparu un mois et demi plus tard, quand nous avons quitté le laboratoire de biologie pour aller en vacances !

Pour tout le reste cette Carpe, aux L. L. complètement cautérisées, se comportait tout à fait comme une Carpe normale !

Cette expérience confirme donc bien, en tous points, ce que nous ont appris les expériences précédentes, alors même que toute possibilité d'influence chimique en est écartée : l'organisme latéral préside donc certainement à la régularisation de l'équilibre statique, à la production coordonnée des mouvements des nageoires et arrive ainsi à contrebalancer l'influence constante de la gravité.

Mais cette expérience démontre aussi ce fait à remarquer, que l'animal dont la L. L. est détruite peut se réadapter, même relativement vite, à l'hydrostatique et à la coordination de ses mouvements, par des voies de suppléance, de façon à pouvoir continuer à vivre dans son milieu. Cela prouverait que l'organe latéral, malgré son utilité, n'est pourtant pas absolument indispensable aux Téléostéens.

D) Résection du nerf latéral :

1) *Chez une Carpe* : opérée le 27 mai, elle présente du déséquilibre antéro-postérieur et du ralentissement des mouvements. Le 30 mai, elle n'a plus de déséquilibre, mais ses mouvements restent ralentis. Par la suite, elle se réadapte peu à peu.

2) *Chez une Tanche* : opérée à deux reprises le même jour, mais trop superficiellement, paraît-il, elle ne donne que des résultats négatifs. Intervient alors un hardi chirurgien de laboratoire qui, pour couper sûrement le nerf latéral, qu'il nous accusait d'avoir respecté, se met à faire dans le flanc de l'animal une large, profonde et épouvantable balafre, détruisant, râclant tous les tissus jusqu'aux os de la cage thoracique, sur une largeur d'au moins deux centimètres !

Nous étions navré d'assister à cette violente opération !

Mais quelle ne fut pas notre stupéfaction, lorsque cet animal, un flanc ravagé et ouvert, se mit à nager dans l'aquarium avec une gêne qui ne correspondait pas du tout à une pareille blessure, présentant seulement un déséquilibre qu'on eût attendu combien plus grand !

Le lendemain déjà, cette Tanche se comporte d'une façon un peu plus normale : tout au plus s'élève-t-elle avec difficulté dans l'aquarium, la queue lourde et tombante. Cependant, des mouvements de recul se produisent et le corps manifeste une tendance de plus en plus marquée à tomber.

Deux jours plus tard, cette Tanche est inerte au fond du vase ; si on l'excite elle nage encore sans trop de difficulté et elle ne présente ni déséquilibre ni décoloration. Cependant, la lenteur des mouvements et la lourdeur augmentent constamment. Enfin, quatre jours après la résection, cette pauvre balafmée s'éteint ! Il est à remarquer que, malgré sa blessure, elle avait toujours conservé intact son sens de la direction vers l'angle préféré et qu'elle a toujours su se diriger pour fuir la main qui s'en approchait.

Il reste donc tout à fait acquis et évident, par toutes les expériences rapportées ici, que l'anesthésie, la cautérisation et la résection du nerf latéral produisent de la lenteur et de l'incoordination des mouvements, du déséquilibre, des mouvements de recul et de la chute du corps. Les mouvements de recul et la décoloration ne sont pas constants : il resterait à fixer le déterminisme de leur production. Le sens de la direction ne paraît jamais détruit.

CHAPITRE VII

Des réactions aux milieux divers.

Il nous reste maintenant à examiner comment les opérées se comportent dans les différentes conditions de milieux où elles peuvent se trouver : courants d'eau à température ordinaire, courants d'eau chaude, eau salée, sous le courant électrique et sous une différence de pression. Ces divers sujets vont faire l'objet du présent chapitre.

A) *Le courant d'eau ordinaire*

Comme nous l'avons déjà vu, les Poissons s'orientent toujours, s'il n'y a pas intervention de facteurs spéciaux, contre les courants auxquels ils résistent, tant que la force du courant n'est pas supérieure à leur force de résistance. Nous avons expérimenté le courant sur diverses espèces de Poissons : Epinoches, Tanches et Carpes, dont nous avons préalablement anesthésié ou cautérisé la L. L. Le résultat fut généralement négatif à la température ordinaire du laboratoire ! Ces Poissons paraissaient résister aussi bien que les témoins.

Voici toutefois deux expériences qui semblent avoir donné des résultats contradictoires :

EXPÉRIENCE 1. — Dans un grand cristalliseur où l'eau est mise en mouvement au moyen d'une planchette de liège, 4 Epinoches et 1 Tanche sont introduites. Elles nagent naturellement contre le courant auquel elles résistent, tant qu'il n'est pas trop violent.

Après ce premier essai, les L. L. d'une Epinoche sont vernissées bilatéralement; celles d'une autre Epinoche et d'une Tanche

sont éthérisées. Ces animaux sont alors replacés dans le courant : ils paraissent moins résister que les témoins ; ils se placent dans la partie centrale du vase où le courant est moins violent, alors que les témoins nagent vers la circonférence.

EXPÉRIENCE 2. — L'expérience précédente ne nous parut pas convaincante : les animaux expérimentés avaient pu se placer au centre par hasard et non parce qu'ils y sentaient une moindre résistance. L'expérience suivante fut donc entreprise comme contrôle : Un lot de 8 Epinoches fut introduit dans un grand cristallisoir dont l'eau était mise en mouvement circulaire. De ces 8 individus :

- 1 était cocaïnisé sur la moitié postérieure de la L. L. ;
- 1 cocaïnisé bilatéralement sur la moitié antérieure de la L. L. ;
- 1 éthérisé bilatéralement sur toute la L. L. ;
- 1 vernissé bilatéralement sur toute la L. L. ;
- 3 restaient normaux, sans anesthésique et sans vernis.

Eh bien ! malgré toute notre attention, nous n'avons remarqué aucune différence dans leur comportement !

Il en fut de même pour deux Carpes dont l'une était normale alors que l'autre avait subi la cautérisation complète de ses lignes latérales.

B) *Le courant d'eau chaude :*

EXPÉRIENCE 1. — Pour nous rendre compte si la température, sentie par les terminaisons nerveuses de la L. L., joue un rôle dans le déplacement ou la migration des Poissons, l'expérience suivante est imaginée : dans un grand aquarium, un bloc de glace G est introduit à gauche et un ballon d'eau bouillante E,

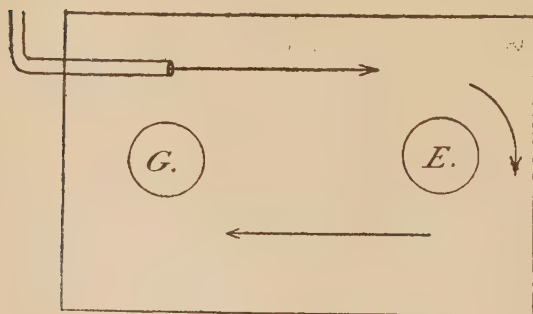


Fig. 14

à droite. Autour de G la température est de 18 degrés C. environ, alors qu'elle est de 35 degrés près du ballon E, centre autour duquel il y a un léger courant d'eau.

Les deux Carpes fuient visiblement la région chaude et se

rapprochent de la région froide. La cautérisée, cette fois, s'en va bien plus lentement que la normale ! La L. L. présente donc, semble-t-il, une sensibilité qui avertit l'animal du danger qui le menace et lui permet de rechercher une température convenable.

EXPÉRIENCE 2. — *Deux Carpes* : l'une d'elles a toutes ses L. L. cautérisées; l'autre est normale. Les deux sont placées dans un grand cristalliseur dont la température est élevée progressivement; l'eau subit un mouvement circulaire de moyenne intensité. De 22 à 30 degrés C., aucune différence de comportement n'est observée; à 31 degrés, la cautérisée résiste moins au courant; à 32 degrés, la cautérisée flanche : elle flotte désemparée. Au bout de quelques minutes, la normale présente aussi un peu de déséquilibre, mais bien moins prononcé. Elles sont alors toutes deux jetées dans un grand aquarium dont l'eau est à 17 degrés; en ce moment la cautérisée, complètement déséquilibrée, flotte sur le flanc et sur le dos, puis tombe au fond ! Son équilibre se rétablit cependant au bout de quelques minutes.

D'après cette expérience, il paraîtrait que le Poisson privé de sa L. L. résisterait moins bien dans une eau dont la température s'élèverait à 31-32 degrés et s'y trouverait même en danger. La L. L. servirait donc, en quelque sorte, à reconnaître la température et l'animal averti l'éviterait lorsqu'elle devient dangereuse pour lui.

Ne servirait-elle pas ainsi de facteur de migration vers les régions les plus convenables à l'organisme ?

Le lendemain, la même expérience, répétée, donne des résultats identiques; mais, fait curieux, le seuil de la température dangereuse s'est élevé ! En effet, la cautérisée ne flanche plus cette fois qu'à 33 degrés; elle tombe alors au fond du vase, tandis que la normale manifeste à peine de légers symptômes de déséquilibre.

EXPÉRIENCE 3. — Voici encore ces deux Carpes dont l'une a la L. L. complètement cautérisée et dont l'autre est normale. Elles sont plongées dans un aquarium dont l'eau, progressivement chauffée, subit un mouvement giratoire de moyenne intensité :

de 14 à 22 degrés, elles résistent également ;

de 23 à 29 degrés, la cautérisée résiste moins que la normale;

à 30 degrés, la normale fuit l'endroit où l'eau chaude est versée, alors que la cautérisée ne paraît pas savoir fuir !

de 32 à 34 degrés, la cautérisée flanche complètement, bien avant la normale.

L'eau est alors ramenée à 30 degrés : la normale rétablit son équilibre 5 minutes avant la cautérisée; elle résiste au courant alors que la cautérisée plonge la tête sans résister.

Cette expérience, plusieurs fois répétée avec les mêmes résultats, démontre bien, semble-t-il, que la L. L. est, entre autres, un avertisseur du danger en ce qui concerne la température et les courants chauds et, par là même, un organe de défense contre les dangers de ce genre.

EXPÉRIENCE 4. — Voici 4 Epinoches, dont 2 servent de témoins; une, que nous désignerons par A, est éthérisée de *cinq* coups de pinceau sur la L. L. de la tête; une autre, que nous appellerons B, de *cinq* coups de pinceau sur la L. L. du corps bilatéralement. Elles sont placées dans un cristallisoir dont l'eau subit un mouvement circulaire et dont la température est progressivement élevée :

à 18 degrés, A résiste aussi bien que les témoins;

B résiste mal; elle dresse ses épines; elle tombe au fond du vase et, penchée sur le flanc, elle est emportée par le courant. (A remarquer qu'elle est faible.)

à 22 degrés, A résiste aussi bien que les témoins; ceux-ci, comme elle, vont et viennent sur les bords, cherchant à s'échapper;

B résiste mal; elle est emportée par le courant.

à 28 degrés, A résiste encore, mais elle plonge de la tête;

B, penchée sur le flanc, flotte au gré du courant.

à 31 degrés, A plonge de 60 à 75 degrés; elle résiste mal; ses nageoires sont encore mobiles ;

B est complètement désarmée et se trouve tout à fait à la merci des courants, les nageoires immobiles.

Les témoins résistent encore, mais ils cherchent toujours à s'échapper. Les éthérisées sont décolorées; placées dans un aquarium à 17 degrés, A redevient normale; mais B, complètement déséquilibrée, cherche à remonter à la surface : elle le fait

verticalement, puis retombe tantôt sur la queue, tantôt sur la tête; elle meurt le lendemain.

C. — *Le courant d'eau salée :*

Une série d'expériences ont été faites *sur deux Carpes* dont l'une avait toutes les L. L. cautérisées et dont l'autre est normale. Toutes deux étaient plongées dans des cristallisoirs d'eau salée dont la dose de chlorure de sodium et la température étaient progressivement élevées. Voici leur comportement :

5 gr. de NaCl par litre :

de 18 à 30 degrés, elles résistent également au courant;
de 32 à 33 degrés, elles manquent également d'assurance dans l'équilibre ;
à 35 degrés, elles flanchent en même temps; mais la cautérisée est plus fortement atteinte.

10 gr. de NaCl par litre :

de 18 à 26 degrés, elles supportent également un courant faible, mais la cautérisée résiste moins à un courant fort;
de 27 à 30 degrés, la cautérisée résiste moins au courant que la normale ;
à 33 degrés, la cautérisée est déséquilibrée, couchée sur le flanc et sa tête est penchée; la normale résiste quelque temps encore.

Plongées toutes les deux dans un grand aquarium dont l'eau est à 17 degrés C., elles piquent toutes deux de la tête perpendiculairement et finissent par se remettre lentement.

15 gr. de NaCl par litre :

de 18 à 30 degrés, la cautérisée résiste de moins en moins au courant ;
de 30 à 32 degrés, la cautérisée se déséquilibre et flanche ;
à 34 degrés, la normale flanche à son tour.
Toutes deux sont jetées dans un bain de 17 degrés C. où elles se remettent peu à peu.

20 gr. de NaCl par litre :

de 18 à 31 degrés, la cautérisée résiste un peu moins au courant ;

à 32 degrés, la cautérisée résiste moins au courant ; mais toutes deux commencent à flancher.

25 gr. de NaCl par litre :

de 18 à 25 degrés, la cautérisée résiste moins au courant, même faible ; sa résistance diminue avec l'augmentation de la température ;

à 30 degrés, elles paraissent résister également ;

à 34 degrés, la normale, cette fois, flanche la première.

30 gr. de NaCl par litre :

à 18 degrés, la cautérisée résiste moins au courant ;

à 25 degrés, elles flanchent en même temps ;

à 30 degrés, elles se comportent de même.

A haute température et surtout à haute dose de NaCl, les Carpes sont décolorées et déséquilibrées ; placées ensuite dans l'eau fraîche et courante, elles se rétablissent assez rapidement.

Eau de mer :

à 20 degrés, elles résistent également au courant faible ; la cautérisée résiste moins bien au courant fort ; au bout de 10 minutes, l'équilibre est mal assuré ; les téguments pâlisent fortement ;

à 25 degrés, elles résistent de moins en moins ;

à 30 degrés, la cautérisée résiste moins au courant ; par contre la normale flanche la première, 5 minutes avant l'autre !

En somme, elles supportent moins bien l'eau de mer que l'eau salée au chlorure de sodium.

La même expérience, répétée le lendemain dans l'eau de mer, donne les mêmes résultats ; la cautérisée résiste moins au courant ; elles flanchent toutes deux à 30 degrés dans l'eau de mer comme dans l'eau contenant 30 gr. de NaCl par litre. La cautérisée présente même une mort apparente remarquable, qui a persisté pendant une heure, ainsi qu'une décoloration complète ; placée sous le robinet, elle s'est rétablie peu à peu. (1)

(1) Il est intéressant de rapprocher ces résultats de ceux obtenus par notre collègue Lucien MOREA dans ses *recherches sur l'adaptation des Infusoires à différentes doses de NaCl* (Voir C. R. Société de Biologie du 21 juin et 12 juillet 1924).

De toutes ces expériences, il résulte que la L. L. est évidemment sensible à la température, à la salinité et au courant : c'est en quelque sorte un avertisseur situé aux confins de l'individu, un gardien toujours en éveil, mettant en garde l'organisme contre les dangers de ce genre qui pourraient le détruire, s'il ne les sentait pas.

D. — *Modification de la pression :*

EXPÉRIENCE 1. — *Quatre Epinoches*, dont 1 cocaïnisée de la tête, 1 de la L. L. du corps bilatéralement et 2 autres normales, sont introduites dans un ballon dans lequel le vide est fait au moyen d'une pompe à eau. Les animaux montent et descendent dans le ballon, ils vont et viennent horizontalement près des parois, opérant la reconnaissance des lieux selon leur habitude. Les cocaïnisées présentent un grand ralentissement de leurs mouvements, à peu près dans les rapports de $1/8$ à $1/10$; d'autre part, leur tête plonge de temps à autre. Ce ralentissement est-il vraiment dû à la diminution de pression atmosphérique sur ces organismes ? Il ne faut pas l'affirmer imprudemment, car il se produit ailleurs, nous l'avons vu, par la cocaïnisation seule...

Au fur et à mesure que le vide se fait dans l'intérieur du ballon, les animaux tendent de plus en plus à s'abaisser. Ils ne remontent bientôt plus qu'aux $3/4$, puis à la moitié de la hauteur du vase et, après 40 minutes, ils restent tous couchés sur le fond et ne remontent plus ! Comment expliquer cette chute ? La vessie aérienne s'est simplement vidée et les animaux, rendus ainsi plus denses que l'eau, sont descendus sur le fond par l'entraînement de leur propre poids.

Mais ici, la diminution de pression provoque les mêmes effets chez les *Epinoches* cocaïnisées que chez les normales : cette expérience tendrait donc à démontrer que la pression atmosphérique n'agirait pas sur la L. L.; mais, reconnaissons-le de suite, cette expérience mérite de nouvelles recherches de contrôle pour que nous soyons fixés à ce sujet.

E. — *Le courant électrique :*

Nous avons déjà vu précédemment que les Poissons s'orientent dans le sens du courant électrique, la tête tournée vers

l'anode. Examinons maintenant la différence de comportement, sous le courant électrique, des Poissons normaux et de ceux dont la L. L. est anesthésiée ou détruite.

Chez les Tanches :

EXPÉRIENCE 1. — Deux Tanches, l'une normale et l'autre cautérisée, sont soumises au courant; d'abord toutes deux s'orientent vers l'anode :

1 milliampère : la normale se couche sur le flanc et la cautérisée reste d'aplomb ;

2 milliampères : la normale se couche sur le flanc, à la surface; la cautérisée est d'aplomb sur le fond ;

3 milliampères : la normale se retourne sur elle-même ; la cautérisée est immobile.

A 4 milliampères, elles ne s'orientent plus vers l'anode, mais après une secousse à l'ouverture du courant, elles se trouvent dans toutes les positions !

D'après cette expérience, on voit que le courant électrique agit sur les deux individus ; mais le normal y est certainement plus sensible. La descente au fond du vase n'a rien à voir avec le courant, puisqu'elle se produit après la cautérisation.

EXPÉRIENCE 2. — Une Tanche dont la L. L. postérieure droite a été cautérisée, réagit vivement à 1 milliampère : elle se penche sur le côté non cautérisé; quand le courant est direct les opercules s'ouvrent; quand le courant est renversé les opercules se ferment. Quand le courant est direct, l'animal se retourne sur le flanc gauche; quand il est renversé, sur le flanc droit.

Mais à 2 milliampères déjà, après la secousse du début, l'animal ne s'oriente plus ni vers l'anode ni vers la cathode : tantôt en position transversale, tantôt en position longitudinale ou dans toute autre situation.

EXPÉRIENCE 3. — L'expérience est faite avec une autre Tanche dont le même segment de la L. L. est cautérisé. L'animal s'est régulièrement orienté vers l'anode, de 1 à 5 milliampères. A 4 milliampères, il se couche sur le flanc gauche; à 5 milliampères, il présente du déséquilibre antéro-postérieur.

Ces deux expériences confirment la constatation que les Poissons, même avec une L. L. dont le quart est cautérisé, sont

sensibles au courant électrique ; elles prouvent en plus que cette réaction présente de grandes différences individuelles.

Chez les Epinoches :

EXPÉRIENCE 4. — Voici deux lots de 4 Epinoches chacun : le premier a la L. L. du corps cocaïnisée de deux coups de pinceau ; le second est indemne.

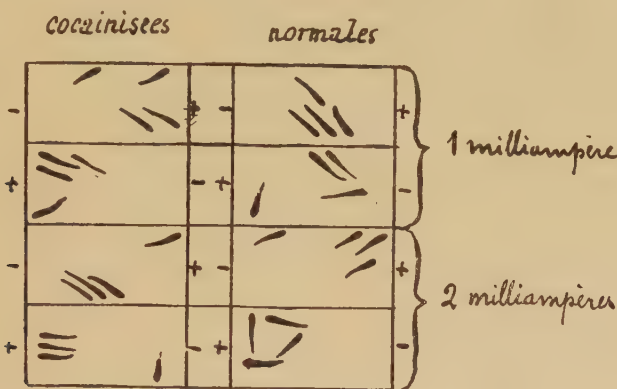


FIG. 15

A 1 milliampère, toutes les cocaïnisées sont couchées sur le flanc, immobiles, alors que les indemnes dressent leurs épines et sont agitées ;

A 2 milliampères, les cocaïnisées restent penchées après l'interruption du courant, tandis que les normales sont d'aplomb et équilibrées.

Après l'expérience, ces Poissons sont jetés dans l'eau fraîche : les cocaïnisés sont déséquilibrés.

Les uns et les autres ont réagi au courant électrique ; mais les cocaïnisés résistent moins que les normaux. La L. L. ne servirait-elle pas de moyen de défense contre les courants dangereux ?

EXPÉRIENCE 5. — Il s'agit ici de deux lots d'Epinoches dont l'un est normal et dont l'autre a la L. L. éthérisée de 4 coups de pinceau, bilatéralement :

A 1 milliampère, les éthérisées sont immobiles et les normales en mouvement; toutes du reste s'orientent vers l'anode ;

A 2 milliampères, toutes dressent leurs épines ; les éthérisées tombent au fond, les nageoires collées par moments ;

A 3 milliampères, les éthérisées ne réagissent plus ; leurs nageoires sont collées. Les normales ne réagissent pas bien et leurs nageoires pectorales commencent à s'engourdir.

Le lendemain de ces deux expériences 4 et 5, une cocaïnisée complètement décolorée est morte ; deux autres sont encore inertes, une seule paraît normale ! Les éthérisées sont mortes, fortement décolorées ! les non anesthésiées sont indemnes et normales.

Comme on le voit, les animaux dont la L. L. est anesthésiée offrent moins de résistance au courant électrique et succombent plus tôt sous son influence. Par le fait même, la L. L., avertisseuse de l'intensité du courant, ne peut-elle pas être considérée comme un moyen de défense contre le danger ?

Chez les Carpes :

EXPÉRIENCE 6. — Une Carpe normale et une autre Carpe dont toutes les L. L. ont été cautérisées sont soumises au même courant électrique :

A 2 milliampères, la cautérisée se penche sur le flanc, tandis que l'autre est équilibrée ;

A 3 milliampères, toutes les deux sont couchées sur le flanc pendant le passage du courant; mais lorsque celui-ci cesse la normale est beaucoup moins désemparée. Sous l'influence du courant, les deux se sont exactement orientées vers l'anode.

Remarque : Dans l'eau chaude, les Poissons sont particulièrement sensibles à l'influence du courant électrique : dans nos expériences à ce sujet, l'eau a été portée progressivement jusqu'à 25 degrés C., et le courant de 1 à 3 milliampères. Les Poissons se retournent immédiatement vers l'anode et s'y rendent, la tête en avant.

Dans une eau dont la température s'élève à 25 degrés, et avec un courant de 2 milliampères, une Epinoche, dont la moitié de la L. L. est cautérisée bilatéralement, se décolore complètement, plonge la tête et meurt. Cette expérience répétée sur un autre sujet donne les mêmes résultats !

De toutes ces expériences, il ressort donc que lorsque la L. L. est détruite, soit par les anesthésiques, soit par la cautérisation, le Poisson, tout en sentant l'action du courant électrique, lui oppose moins de résistance et se déséquilibre plus vite; cette ligne serait donc un avertisseur, un moyen de défense contre un danger de ce genre.

Il serait intéressant de rechercher si la sensibilité au courant électrique, ou plutôt magnétique terrestre, comme celle aux courants d'eau et à la température, ne sont pas des facteurs qui jouent un rôle important dans les migrations des Poissons ? Mais ces recherches, qui ne sont du reste pas en notre pouvoir, ne rentrent point dans le plan de ce modeste travail.

CONCLUSION GÉNÉRALE DE LA II^e PARTIE

Si maintenant, de l'ensemble de nos observations et de nos expériences concernant le sujet de cette II^e partie de notre travail, nous voulons dégager une vérité générale, il faut nous rappeler d'abord que la suppression de la L. L., quel qu'en soit le procédé (anesthésie, cautérisation, ablation), produit, en somme, du ralentissement, de l'incoordination et finalement l'arrêt des mouvements, parfois des mouvements de recul, du déséquilibre longitudinal et transversal, de la chute du corps qui ne résiste plus à la gravité, des troubles profonds des chromatophores et même de la circulation tégumentaire !

De ces faits concordants et significatifs, nous pouvons conclure avec certitude que *la ligne latérale*, organe de sensibilité aux courants, à la température, à la salinité, à la pression du milieu peut-être, aux courants électriques, est en quelque sorte un avertisseur général du danger et joue ainsi un rôle de défense de l'organisme. Sentinelle vigilante, postée aux frontières de l'individu, où viennent refluer les ondulations de l'ambiance, en relation directe avec les centres nerveux les plus importants, d'où rebondissent les réflexes, et en relation indirecte avec la vessie natatoire elle-même par le nerf acoustico-latéral et les osselets de Weber, elle ne se borne pas à un simple rôle tactile d'avertisseur constant. Elle provoque aussi et constam-

ment dans l'organisme des réflexes moteurs des nageoires pectorales surtout, d'équilibre et de statique du corps, dans le milieu liquide où il évolue, de coordination motrice et de régularisation vaso-motrice des éléments chromatiques !

C'est donc bien un appareil « régulateur », à la fois dynamique et statique, et non pas simplement « un sens directeur » comme l'affirme Paul de Sède dans sa thèse, du reste si intéressante (1).

Pourtant cet auteur, qui a particulièrement étudié la question, a frôlé la vérité d'assez près. Rappelons-nous que, dégagé des suppositions nombreuses et gratuites dont les naturalistes antérieurs avaient chargé et, disons-le, obscurci ce sujet si contrôversé et si difficile à étudier, P. de Sède eut le mérite d'arriver à cette conclusion exacte, au moins en quelques parties : « la ligne latérale n'est qu'un organe de tact, donnant au poisson des renseignements sur l'état du milieu dans lequel il vit. Ce qu'elle apprécie par excellence, ce sont les courants, les remous, les mouvements faibles de l'eau. Par elle, le poisson connaît sa propre vitesse et peut la régler. » (2) Nous ignorons, pour notre part, si le poisson « connaît » sa propre vitesse par l'intermédiaire de la ligne latérale, et s'il peut la régler par sa propre volonté, sans le concours des excitants extérieurs qui mettent en branle son organisme, comme le pense P. de Sède. Mais nous savons, par contre, basé sur les très nombreuses expériences que nous avons entreprises et exposées, que la ligne latérale, organe de sensibilité tactile, règle, au moyen des réflexes qu'elle provoque, les mouvements des nageoires pectorales, la statique de l'organisme dans son milieu, l'état vaso-moteur des éléments pigmentaires et de la circulation sanguine dermique et, enfin, qu'elle coordonne tout cela dans le comportement des Téléostéens !

Elle est donc bien certainement un appareil « régulateur », sensitivo-moteur, un organe de sensibilité et de dynamisme, à la fois propulseur et coordinateur de mouvements, dans la vie des Poissons osseux.

Mais, nous objectera-t-on, pourquoi donc cette ligne n'existe-t-elle pas chez tous les Poissons ? Tous, en effet, n'ont-ils pas

(1) Paul DE SÈDE, *Thèse de Doctorat*, p. 112.

(2) *Id.*, p. 71.

besoin d'équilibre et de coordination ? Pourquoi est-elle l'apanage des Téléostéens seulement ?

Cette objection est certes très naturelle : elle ne nous a pas échappé. Nous reconnaissons qu'il y a là matière à une très belle étude à faire qui ne rentre cependant pas dans le plan de nos recherches actuelles. Il y aurait, entre autre, à rechercher si la densité des Poissons osseux n'est pas supérieure à celle des Poissons cartilagineux, et si la ligne latérale ne serait pas le corollaire, l'équivalent, le balancier avantageux dans l'équilibration du système osseux ?

En tout cas, les faits sont là pour prouver que la ligne latérale est un organe de sensibilité régulatrice et de dynamisme coordinateur, hydrostatique.

Mais, ne l'oublions pas, de son existence et de son importance dans la vie des Téléostéens, il ne faut pas en conclure cependant à la nécessité de son universalité, à son indispensabilité ! La sensation, la propulsion, la coordination, tout cela peut se faire par d'autres voies, par des moyens de suppléance, comme nous en avons vu un bel exemple chez la Carpe, dont toute la ligne latérale était entièrement cautérisée et qui, après une période de rééducation, s'est très bien adaptée quand même aux conditions de son milieu !

TROISIÈME PARTIE

Phénomènes Psychiques.

Tant que les conceptions métaphysiques, sous des apparences multiformes, dominaient les observations scientifiques, tant que des spéculations syllogistiques et des raisonnements aprioristiques prévalaient sur la méthode expérimentale, la Psychologie animale ne pouvait naître ! Pouvait-elle même se concevoir quand, entre la bête et l'homme, on admettait l'existence d'un abîme infranchissable ? Il était alors convenu et consacré par un automatisme social séculaire, écrasant, parfois très dangereux de vouloir secouer, que les manifestations psychiques ne pouvaient se produire que chez l'être humain. Ce « roi » de la Création seul était animé par une étincelle divine, par une entité spirituelle, échappant par sa nature même aux efforts de notre contrôle et de notre investigation !

Cependant, avec les progrès des sciences naturelles, devenus incompressibles malgré tout, l'orgueil humain dut en rabattre !

Lorsque, peu soucieux d'une routine imposée par des siècles de préventions, dédaigneux de spéculations aprioristiques, guidés par un esprit critique joint à un intense besoin de connaître, des savants se penchèrent de plus en plus attentivement sur les animaux qui nous entourent pour examiner de plus près leur organisation anatomique, leurs fonctions physiologiques ainsi que tout l'ensemble de leurs manifestations biologiques, il fallut se rendre alors à l'évidence. Il fallut bien, en effet, convenir que l'homme n'est pas un être isolé et solitaire au milieu des autres êtres de la nature, mais qu'il se rattache à l'ensemble du monde vivant, par son organisation comme par ses fonctions ! Au lieu d'être « un dieu tombé qui se souvient des cieux », selon le chant

du poète, l'homme, devenu plus modeste parce que plus instruit, prit enfin conscience d'être simplement un Vertébré — le Vertébré supérieur ! Il fallut bien convenir aussi que les Vertébrés inférieurs, organisés sur le même plan, éprouvent des sensations semblables aux siennes, et, doués d'un système nerveux plus ou moins semblable au sien, réagissent comme lui aux excitants extérieurs et manifestent des réactions psychiques de même nature, quoique d'intensité bien moindre, expression de l'infériorité même de leurs organes.

Ce jour-là la psychologie zoologique était fondée.

La psychologie comparée, simplement ethnologique, s'élargissait et s'enrichissait de toute l'immense série des organismes de la série animale, dont les réactions aux excitations du milieu — sous les modalités diverses de tropismes, réflexes, instinct, intelligence, volonté — devenaient un captivant sujet d'étude et d'observation.

Peu à peu, la psychologie s'émancipait ainsi du syllogisme philosophique et des idées préconçues, spéculant dans l'inconnu, pour devenir enfin une science de recherches expérimentales, non pas figée et dogmatique, mais évoluant et se complétant de jour en jour !

Quant à nous, nous devons nous restreindre à notre sujet spécial, fort limité, et ne pas nous égarer en considérations générales seulement, tant intéressantes soient-elles,

Du reste, aucun biologiste sérieux, dégagé de convictions extrascientifiques, ne conteste plus l'existence de facultés mentales chez les animaux. Tous, pensons-nous, ont abandonné l'idée de Descartes qui refuse aux animaux la faculté de sentir et de penser(1), pour se ranger à l'avis de Milne Edwards « qu'aucune des principales facultés intellectuelles n'appartient exclusivement à l'homme » (2), ou même à celui plus explicite encore de Quatrefages qui s'exprime ainsi : « l'animal sent, juge, veut, c'est-à-dire qu'il raisonne, et, par conséquent, il est intelligent.. A mes yeux, ajoute-t-il, l'animal est intelligent et pour être rudimentaire son intelligence n'en est pas moins de même nature que celle de l'homme. » (3)

(1) DESCARTES, *Discours sur la méthode*, 5^e partie, Lettre XVII.

(2) MILNE EDWARDS, *Leçons sur la Physique et l'Anatomie comparée*, t. XIII, p. 449.

(3) DE QUATREFAGES, *L'espèce humaine*, p. 10.

N'est-ce pas là aussi la conviction du Dr Ch. Letourneau, lorsqu'il écrit : « La pensée est sûrement une propriété de la cellule nerveuse. Il y a des cellules nerveuses conscientes et, sans elles, il n'est point de phénomène psychique, humble ou sublime... L'existence de ces cellules nerveuses est une condition nécessaire à la production des phénomènes de conscience, mais leur mode de groupement n'est qu'une condition secondaire de la pensée. Celle-ci existe avec tous ses modes principaux aussi bien dans le chapelet nerveux ganglionnaire de la fourmi que dans le cerveau des mammifères. Pourtant c'est une loi biologique que la concentration des cellules nerveuses en grandes masses soit favorable au développement et à l'intensité des phénomènes psychiques. La chenille a plus de ganglions que l'insecte parfait; le ganglion cérébral est d'autant plus gros que l'insecte est plus intelligent. Enfin, chez les Vertébrés, le développement intellectuel est d'autant plus grand que l'encéphale est plus volumineux. » (1)

Une autre preuve que la Psychologie animale existe et qu'elle a conquis son droit de cité dans la science contemporaine, c'est la déclaration même de Georges Dumas, dans son récent *Traité de Psychologie*, que « toutes les méthodes resteraient insuffisantes si on ne considérait pas les fonctions psychiques de l'homme *dans leurs origines zoologiques* ainsi que dans leur épanouissement social... car, ajoute-t-il, si la psychologie commence avec la biologie *et avec la zoologie*, elle a son efflorescence terminale dans la sociologie... » (2)

Un des collaborateurs les plus éminents du Professeur Dumas, Henri Pieron, a du reste publié, dans le *Traité* que nous venons de citer, un chapitre remarquable, entièrement consacré à la « Psychologie zoologique » considérée comme science du comportement des animaux sous l'influence des excitants sensoriels et des réactions multifformes (réflexes, instincts, actes volontaires, activités intelligentes) qui en sont le résultat. (3)

Mais si, comme l'affirme Milne Edwards, « toutes les facultés essentielles fondamentales de l'esprit que l'homme possède se rencontrent, à un moindre degré, chez tel ou tel animal d'un

(1) D^r LETOURNEAU, *La Biologie*, p. 455.

(2) Georges DUMAS, *Traité de Psychologie*, préface XII. 1923.

(3) Henri PIERON, *Psychologie zoologique*. *Traité de Dumas*, t. II.

rang plus ou moins inférieur » ; si « la différence entre ces êtres et nous consiste dans le degré de puissance de facultés mentales communes » (1), demandons-nous quelles sont les facultés psychiques, et quelle en est la puissance, chez les Vertébrés inférieurs, chez les Téléostéens qui font l'objet spécial de nos recherches ?

Pline déjà rapporte qu'à Rome on avait appris à certains Poissons à venir à l'appel de leur nom ! (2)

Yarrel assure qu'en Chine les pisciculteurs ont l'habitude de rassembler les Cyprins au son d'une cloche qu'ils reconnaissent ; il certifie encore que le naturaliste J. Banks employait le même procédé pour les appeler au bord du bassin où il leur distribuait du pain. (3)

Brandly a été témoin lui-même de faits pareils ! (4)

Les faits de ce genre démontreraient bien certainement l'existence de la mémoire chez les Poissons ; c'est du moins ce qu'en pense Milne Edwards lui-même. (Loc. cit. T. XIII, 414).

« Les Reptiles, les Batraciens et les Poissons, affirme ce dernier auteur (5), ne donnent que peu de signes de *mémoire* ; cependant chez quelques-uns de ces derniers Animaux, des preuves évidentes de l'existence de cette faculté nous sont fournies par quelques espèces voyageuses, telles que le Saumon qui sait retrouver la rivière où il a l'habitude de venir frayer et par les Carpes que l'on est parvenu à apprivoiser. »

« De l'examen de l'encéphale on peut conclure que chez les Poissons, les Vertébrés les plus inférieurs, les facultés psychiques sont fort peu développées », assurent à leur tour Sauvage et Kunckel ; mais ils ajoutent : « Parfois cependant, on perçoit quelques lueurs d'intelligence ; c'est ainsi que des Poissons tenus en captivité s'habituent à leur gardien, qu'ils accourent au son d'une cloche qui les appelle au moment des repas. On pourrait considérer comme un instinct la faculté qu'ils ont de distinguer leurs ennemis des animaux inoffensifs qui les entourent, de

(1) Milne EDWARDS, *Leçons sur la Physique et l'Anatomie comparée*, t. XIII, p. 397.

(2) PLINE, *Histoire naturelle*, LX (cité par Milne Edwards).

(3) YARREL, *Hist. of Britisch Fishes*, t. I, p. 372.

(4) Voir BLANCHARD, *Poissons d'eau douce*, p. 329.

(5) Milne EDWARDS, *Leçons sur la Physique et l'Anatomie comparée*, t. XIII, p. 413.

savoir se trouver un abri pour se soustraire au danger, d'user de ruse lorsqu'il s'agit de s'emparer d'une proie convoitée. » (1).

Mais, ne l'oublions pas, toutes ces affirmations de naturalistes n'ont, en somme, pour base que des observations plus ou moins bien contrôlées. Le sujet, à notre avis, doit être étudié de plus près, examiné et traité expérimentalement.

Moebius est le premier, à notre connaissance, qui ait recouru, en 1873, à la méthode expérimentale pour reconnaître l'existence de facultés psychiques chez les Poissons. Il démontra l'acquisition et la persistance d'une habitude nouvelle chez le Brochet qui, séparé de Goujons, sa proie favorite, par une paroi de verre, finit par s'en désintéresser à tel point qu'il ne la rechercha même plus après l'enlèvement de l'obstacle ! (2)

D'une vaste enquête poursuivie plus tard par Edinger (1897-1898) il résulte que les Poissons sont doués d'une mémoire très rudimentaire ; mais cet auteur, se basant sur le fait anatomique que les Poissons sont dépourvus d'écorce cérébrale, leur dénie, contre toute évidence, la faculté de reconnaître ce qu'ils ont une fois vu, c'est-à-dire la faculté d'association. (3)

Mais, dès l'année suivante, Mac Intosh démolit l'argument anatomique d'Edinger, en publiant de nombreuses observations prouvant que les Poissons acquièrent des habitudes nouvelles, comme ils apprennent à reconnaître les personnes et les objets de leur entourage. (4)

Puis, en 1899, Thorndike démontre magistralement, au moyen d'un labyrinthe, que le *Fundulus* apprend à reconnaître très bien son chemin et arrive à se diriger sans plus se tromper ! (5)

En 1901, Triplet vérifie et contrôle l'expérience de Moebius dont il reconnaît l'exactitude, en faisant perdre à des Perches l'habitude de chasser les Vérons, au point d'arriver à laisser nager paisiblement ces animaux pêle-mêle, dans le même vase !

(1) SAUVAGE et KUNCKEL, *Les Poissons*, p. 43.

(2) MOEBIUS, *Die Bewegungen der Tiere und ihr psychischer Horizont*.

(3) EDINGER, *Les Poissons ont-ils de la mémoire ?* (*Rev. phil.*, 1897, p. 336).

(4) MAC INTOSH, *Not eon the memory of fishes* (*Journal of mental Science*, 1898).

(5) THORNDIKE, *Animal intelligence* (*Psychologie Rev.*, 1898, p. 109).

Il en conclut que la Perche est éduicable, c'est-à-dire susceptible d'acquérir de nouvelles habitudes par la mémorisation. (1)

Cependant, à peu près à la même époque (1901-1902), E. Catois, se basant sur l'histologie du cerveau, tout comme Edinger s'était basé sur son anatomie, et tout en concédant aux Poissons une mémoire rudimentaire, leur refuse une mémoire d'association ! « Il n'existe pas, dit-il, dans l'encéphale, chez les Poissons, de véritables cellules pyramidales.... Un savant anatomiste allemand, Edinger, pose la très intéressante question suivante : les Poissons possèdent-ils de la mémoire ? Sans prétendre imposer notre opinion sur ce point spécial de psychologie comparée, nous répondrons ainsi à cette question. La mémoire pouvant être considérée comme étant la persistance consciente et inconsciente d'une perception (Ch. Richet), il est admissible que, chez les Poissons, les noyaux ganglionnaires de l'encéphale, quoique réduits au rôle de centres sous-corticaux, doivent conserver la faculté de retenir pendant plus ou moins longtemps après une excitation. Cette faculté, désignée par Ch. Richet sous le nom de mémoire élémentaire ou de vibration prolongée, paraît bien caractériser les centres nerveux médullaires. Il nous semble donc logique de dire qu'à défaut de mémoire complexe, d'association des idées, de manifestations intellectuelles proprement dites, phénomènes qui supposent l'existence de véritables cellules pyramidales psychiques, absentes chez les Poissons, ces Vertébrés inférieurs doivent posséder une mémoire rudimentaire fort restreinte ou réduite à des réactions simples plus ou moins automatiques. » (2)

Mais qui réclame donc une mémoire supérieure à des animaux inférieurement organisés ? Et si les centres sous-corticaux sont capables de mémoire élémentaire, qu'est-ce donc qui prouve qu'ils sont réellement incapables de mémoire associative, au moins rudimentaire ?

A ces restrictions de nature histologique de E. Catois, on pourrait fort bien opposer la même sérieuse objection que Mac Intosh opposait à Edinger au sujet de l'absence d'écorce cérébrale, sous

(1) TRIPLET, *The educability of the perch* (American Journal of psych., 1901).

(2) CATOIS, *Histologie et Anatomie de l'Encéphale chez les Poissons* (Bull. Scient., 1902).

la forme de cette redoutable question : « qu'est-ce qui prouve que la mémoire dépend précisément des cellules pyramidales ? »

Cependant, malgré les dénégations de ces théoriciens, les observations et les expériences s'accumulent, confirmant l'existence de la mémoire, même associative, chez les Poissons.

Dentan (1904) fait de nombreuses expériences sur diverses espèces de Poissons; il prouve que ces animaux reconnaissent les personnes qui leur donnent à manger, comme aussi le claquement de l'eau de leur bassin. Cet auteur a spécialement observé que des Turbots et des Brèmes de mer (*Pagellus centrodontus*) s'approchaient toujours lorsqu'ils voyaient une personne vêtue d'une blouse blanche, ce qui leur rappelait le garçon chargé de leur apporter la nourriture : il y avait donc là, de toute évidence, « association » entre l'idée de la couleur et forme de la blouse et l'idée de la nourriture (1).

Miss Washburn et Bentley, en 1906, démontrèrent aussi l'existence de la mémoire associative, par des expériences sur le *Semotilus atromaculatus*, au moyen de pinces colorées que le Poisson arrivait à distinguer l'une de l'autre ! (2)

L'année suivante, en 1907, Reighard prouve expérimentalement que le *Lucianus griseus* apprend à discriminer les couleurs et établit une association d'idées entre la couleur rouge et la sensation désagréable du goût d'une méduse dont l'aspect écartait toute une colonie de *Lucianus* de leur proie favorite et leur en inculquait même ainsi une profonde répugnance ! (3)

Pieron, en 1908, parvient à déshabituer des Cyprinidés d'attaquer leur proie enfermée dans un tube de verre, et, après de multiples expériences de divers genres, il arrive à la conclusion que les Poissons possèdent bien une mémoire associative. (4)

En 1912, plusieurs expérimentateurs étudient les facultés psychiques des Poissons : Frish démontre l'existence de l'association de la couleur et de la nourriture chez ces animaux ; Oxner, au moyen de cylindres colorés, en arrive à conclure à l'existence de la mémoire associative chez le *Coris julis* et le *Serranus*

(1) DANTAN, *La mémoire chez les Poissons* (Bull. Inst. Psychol., 1904).

(2) WASHBURN et BENTLEY, *The establishment of an association...* (Journal of comp. Neur. and Psychol., 1906).

(3) REIGHARD, *An experimental study...* (Yar. Carn. Inst., 1907).

(4) PIERON, *Contribution à l'étude des phénomènes sensoriels et du comportement des Vertébrés inférieurs* (Bull. Inst. Psychol., 1907).

scriba, et sa persistance pendant la longue durée de 25 jours ! Minkiewicz démontre aussi la réalité d'une association mnémotique, ainsi que la reconnaissance de l'aquarium et celle des personnes familières autour d'eux chez ces Poissons (1).

Mlle Goldsmith à son tour, en 1915, fait des recherches expérimentales variées sur divers Poissons : *Gobius minutus*, *Pleuronectes platessa*, *Rhombus maximus*, *Gasterosteus aculeatus*, etc. Elle réussit à établir des habitudes nouvelles, comme à leur en faire perdre aussi d'anciennes. Elle arrive ainsi à conclure à l'existence d'une mémoire associative par « contiguïté », dit-elle, et à la persistance du souvenir, mais d'un souvenir d'ensemble, non individualisé, ce qui impliquerait, affirme cet auteur, la non-existence d'une image mentale ! (2)

Dans les recherches expérimentales que nous poursuivons depuis 1924, nous avons reconnu l'exactitude d'un bon nombre d'expériences exécutées par Mlle Goldsmith; il en est d'autres qui nous ont paru incertaines et discutables; parfois même nous avons obtenu des résultats tout à fait différents, ce que nous relevons quelquefois au cours de ce travail.

D'autre part, comment pourrions-nous admettre avec cet auteur, que le Poisson ait de la mémoire, mais que « ce souvenir non-individualisé implique la non-existence d'une image mentale » ? Avouons-le tout de suite, ce raisonnement nous paraît manquer de base et constituer une hypothèse gratuite. Pour nous en convaincre, prenons, par exemple, la mémoire topographique dont cet auteur s'est beaucoup occupé et dont il reconnaît l'existence : comment donc l'animal-poisson pourrait-il conserver le souvenir de tel ou tel obstacle, rencontré à tel endroit précis et non en tel autre, s'il n'en a pas conservé l'image mentale précise et individualisée ? Comment cet animal pourrait-il éviter de se heurter exactement à tel endroit, si l'image de l'obstacle qui s'y trouve reste imprécise et confuse dans un ensemble non différencié ? « L'animal s'oriente parce qu'il reconnaît les lieux à travers lesquels il a à trouver son chemin », dit Claparede, dans le *Traité de Psychologie* de Dumas (3). Or, pour « reconnaître »

(1) Cités par GOLDSMITH dans sa Thèse, 1915, p. 9-10.

(2) GOLDSMITH, *Réactions physiologiques et psychiques des Poissons*, Thèse, 1915, p. 94.

(3) CLAPAREDE, art. « Orientation » dans le *Traité de Psychologie* de G. DUMAS, t. I, p. 596.

les lieux, il faut bien que l'image de leurs accidents, de leurs différents aspects, de leurs obstacles, de leurs tours et contours soit inscrite, précise et détaillée, dans la mémoire animale. Prenons encore la mémoire « chromatique » dont Mlle Goldsmith admet aussi l'existence : comment donc le Poisson arriverait-il à discriminer les couleurs, ce qu'elle-même reconnaît pourtant, s'il n'avait qu'une mémoire d'ensemble de sensation colorée, et non une image, une représentation individualisée, distincte, de chaque couleur particulière ?

En 1920, ne l'oublions pas, Henri Pieron publie un ouvrage fort intéressant sur l'« Evolution de la Mémoire », dans lequel il passe en revue les différents travaux, publiés antérieurement, sur l'acquisition des habitudes chez les Poissons et sur les phénomènes de leur mémoire sensorielle. Il cite ce fait caractéristique de l'acquisition d'une habitude : « en donnant à ces cyprins des vers de vase enfermés dans des tubes de verre, on obtient des attaques répétées et vaines des Poissons qui, plus ou moins vite, renoncent à une proie décevante, et, dès lors, méprisent même les vers libres placés près d'eux. »

Avec une renversante ironie, ce savant démontre l'absurdité de l'argument « anatomique » des auteurs qui ont refusé la mémoire aux Poissons, parce que ceux-ci n'ont pas de cortex où ces auteurs l'ont logée ! « Il leur a donc fallu nier la mémoire des Poissons... obligés de supprimer une mémoire trop gênante pour leurs théories, dit Pieron. D'autres moins obstinés s'étonnèrent de souvenirs chez les Poissons, et admirent l'importance d'une découverte qui portait un si rude coup à une conception qui paraissait de la plus haute valeur et qu'ils n'avaient point eu l'idée de discuter jusque là. Il est vrai que certains prirent leur revanche en déclarant que s'il y avait mémoire, il n'y avait pas mémoire consciente ! Mais il est de fait que, en dépit de toutes les localisations, les Poissons n'ont pas attendu d'avoir une écorce pour avoir de la mémoire. » (1)

A notre tour, conformément à notre méthode, recherchons si les Poissons n'ont pas attendu d'avoir un cortex réclamé par Edinger, ou des cellules pyramidales exigées par Catois, pour avoir de la mémoire. Car, quoiqu'il en soit des recherches poursuivies jusqu'ici, il nous a paru exister encore, à côté de faits

(1) Henri PIERON, *L'Evolution de la mémoire*, p. 192-193.

parfaitement reconnus, bien des lacunes et des obscurités dans le domaine de la psychologie des Poissons. Cette psychologie est rudimentaire, certes, nous le savons, mais elle n'en est pas moins importante, car c'est là précisément où se trouvent les premiers linéaments, les éléments mêmes de la psychologie progressivement complexe des Vertébrés supérieurs, puisque, comme l'a dit Ribot, « la vie de l'esprit a ses racines dans la biologie. » ?

C'est dans cette conviction que nous avons entrepris une série d'expériences, rigoureusement poursuivies, sur la mémoire des Poissons, car la mémoire nous paraît être la base fondamentale de toutes les autres réactions ou manifestations psychiques, embryonnaires chez les Vertébrés inférieurs, mais largement développées et débordantes chez les Vertébrés supérieurement évolués. Comme nous le verrons du reste, les faits que nous relèverons démontrent l'exactitude de cette conclusion de Henri Pieron que les animaux « acquièrent de l'expérience », « qu'ils apprennent et perfectionnent leur conduite ». (1)

(1) Henri PIERON, *L'Evolution de la mémoire*, p. 347.

CHAPITRE UNIQUE

De la Mémoire.

Pour étudier la mémoire chez les Poissons, nous nous sommes servi d'un labyrinthe plus ou moins compliqué au moyen de lames de verre disposées de différentes façons dans un aquarium, en mettant à profit le phototropisme négatif de ces animaux. En effet, comme nous l'avons déjà vu souvent, les Poissons cherchent toujours à se rendre dans la partie la moins éclairée du vase. En interceptant par des obstacles l'espace qu'ils ont à franchir pour parvenir au but, on constate d'abord le temps qu'ils mettent à reconnaître, puis à franchir une première fois ces obstacles. En renouvelant ensuite la même expérience, on voit par la diminution du temps employé à chaque nouvel exercice, le progrès même de la mémoire ; et de même, en espaçant plus ou moins ces exercices, on peut facilement constater la durée de sa conservation.

Mais, remarquons-le en passant, si nous nous reportons aux expériences concernant les couleurs, par exemple, nous nous rappelons que les Poissons s'habituent aux différentes couleurs, comme ils s'habituent à tant d'autres conditions nouvelles qu'ils rencontrent. Cette accoutumance, qu'est-elle donc au fond, sinon une manifestation du souvenir d'un objet déjà perçu par les sens et dont la perception renouvelée ne provoque plus d'étonnement ? Ce que nous appelons « accoutumance », « habitude » dans notre langage ordinaire, n'est en somme que du souvenir, ou, ce qui revient au même, une manifestation de la mémoire.

Passons maintenant à l'exposition des nombreuses expériences que nous avons tentées, dans le but de reconnaître expéri-

mentalement ce qu'il y a de positif dans ce domaine primordial, et pour ainsi dire fondamental, de la psychologie embryonnaire, combien obscure et difficile à éclaircir, de ces Vertébrés inférieurs, si éloignés et si différents de nous !

EXPÉRIENCE 1. — Dans un aquarium posé parallèlement au plan de la fenêtre, des Epinoches sont placées dans le compartiment B, séparé du compartiment A par une lame de verre qui laisse un passage à gauche. Après un court moment de surprise, les animaux se mettent à explorer le compartiment B par des mouvements de va et vient, de

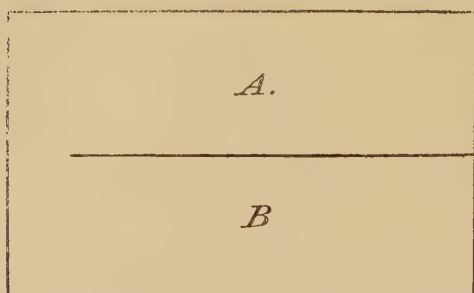


FIG. 16

montée et de descente, le museau collé au verre. Les premiers franchissent le passage en 4 minutes, et en 15 minutes, ils se trouvent tous dans le compartiment A qu'ils explorent.

L'aquarium est alors retourné de façon que le passage se trouve cette fois à droite : les Poissons procèdent de même que précédemment pour la reconnaissance des lieux et, en 15 minutes, ils ont tous franchi le passage sans hésitation aucune, pour se regrouper dans le compartiment A.

L'aquarium est alors retourné de façon que le passage se trouve cette fois à droite : les Poissons procèdent de même que précédemment pour la reconnaissance des lieux et, en 15 minutes, ils ont tous franchi le passage sans hésitation aucune, pour se regrouper dans le compartiment A.

Nous avons donc là une base du temps nécessaire aux Epinoches pour faire la reconnaissance des lieux et du passage, en faisant le voyage du fond du compartiment B jusqu'au milieu du compartiment A : on reconnaît que pour franchir cette distance, il leur faut, au bas mot, 15 minutes lors d'une première exploration en pays inconnu.

D'autre part, il paraît évident que si ces Epinoches n'ont pas la mémoire des lieux qu'elles ont explorés, que si elles n'ont pas conservé le souvenir du passage qu'elles ont franchi, elles mettront toujours la même attention et emploieront toujours le même temps à franchir l'obstacle qu'elles rencontrent, pour se rendre du compartiment B au compartiment A, chaque fois que l'expérience sera répétée.

Mais si, par contre, les manœuvres de reconnaissance des lieux prennent de moins en moins de temps, et si la durée du voyage — car c'en est un pour ces bestioles — diminue au fur et à mesure des répétitions, on est évidemment et logiquement amené à conclure que ces animaux ont, non seulement reconnu les lieux explorés, mais qu'ils en ont conservé l'image dans un centre nerveux quelconque, cerveau ou ganglion peu importe ; on devra en conclure aussi que cette image, empreinte et conservée dans la matière plastique d'une cellule nerveuse, est évoquée et reconnue par l'animal chaque fois qu'il se retrouve dans les mêmes conditions de milieu. S'il en est ainsi, il est dès lors évident que nous sommes là en présence du phénomène psychologique de la mémoire !

Eh bien ! en réalité qu'en est-il expérimentalement, car c'est encore et toujours à l'expérience qu'il faut en appeler pour fixer nos convictions ?

Laissons d'abord les Epinoches se reposer dans l'aquarium pendant deux jours et, au bout de ce temps, nous reprenons l'expérience. Nous les remplaçons donc au fond du compartiment B : elles explorent rapidement les bords du vase ; elles vont, viennent, s'entre-croisent en passant les unes au-dessus des autres, montant, descendant et, en 10 *minutes* cette fois, elles ont non seulement franchi le passage sans aucune hésitation, mais se trouvent groupées en A, tournées vers la paroi la moins claire ! Elles ont ainsi gagné 5 *minutes* sur le premier essai ! Il nous semble donc bien que c'est là une preuve évidente qu'elles ont conservé pendant ces deux jours de repos l'image du labyrinthe, qu'elles l'ont reconnue en revoyant les lieux et qu'elles ont tiré parti de cette évocation mnémotique pour arriver plus rapidement au but.

Mais cette constatation isolée serait cependant tout à fait insuffisante pour nous autoriser à en tirer une conclusion définitive. Peut-être est-elle due au hasard ? Il faut donc la contrôler par de nombreuses expériences, variées de maintes façons.

EXPÉRIENCE 2. — Cette fois, l'aquarium est orienté autrement : le côté *ab* est placé vers le mur, là où il y a moins de lumière et où, par conséquent, les Poissons se tassent de pré-

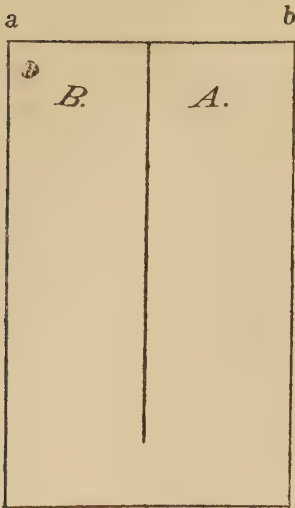


FIG. 17

férence, entraînés qu'ils sont par leur phototropisme négatif. Le passage ménagé par la lame de séparation se trouve ainsi du côté le plus éclairé. Le vase est placé de telle sorte que la lumière de la fenêtre soit également distribuée des deux côtés de la lame de verre servant de séparation, de façon que les deux compartiments reçoivent la même quantité de lumière dans leurs régions homologues.

Huit Epinoches sont placées en A du côté le plus obscur : immédiatement elles commencent leur exploration, c'est-à-dire la reconnaissance des lieux. Elles montent ; elles descendent ; elles vont et viennent, s'en vont

et reviennent de nouveau le long des parois, inquiètes et chercheuses. *La moitié met 30 minutes* pour passer de A en B. Au total, elles ont employé une heure entière pour passer toutes d'un compartiment à l'autre ; mais, entre temps, les premières avaient déjà opéré leur retour au point de départ. Toutes ont franchi le passage sans aucune hésitation, contrairement à une affirmation que l'on rencontre, en semblable occurrence, dans la thèse de Mlle Goldsmith.

L'expérience est recommencée dans l'après-midi : les mêmes Epinoches sont replacées exactement au même endroit, dans le fond le moins éclairé du compartiment A. Les unes explorent encore un peu les parois environnantes ; d'autres ne se donnent pas même ce souci ; l'une d'elles franchit déjà l'obstacle en *5 minutes* ; en 30 minutes toutes se rendent en B, d'où elles reviennent même facilement. Somme toute, on le voit, l'exploration est bien moins longue : donc il y a reconnaissance des lieux ; le temps employé pour la course diminue de moitié : donc il y a souvenir de la route, c'est-à-dire mémoire du chemin parcouru une première fois.

EXPÉRIENCE 3. — L'aquarium est placé parallèlement au plan de la fenêtre ; le passage réservé par la lame de séparation se

trouve à droite. Huit Epinoches sont placées au fond du couloir B. Conformément à leur habitude, elles explorent la lame de séparation ainsi que les bords du vase ; elles montent, descendent, vont et viennent le long des parois. La première découvre et franchit le passage en 5 *minutes* ; en 18 *minutes*, toutes ont passé de B en A.

Refoulées au fond du couloir B, elles recommencent leurs recherches, mais au bout de 15 *minutes*, toutes ont cependant franchi le passage et se trouvent même au fond de A, d'où plusieurs reviennent vers les lieux parcourus.

Quatre heures plus tard, les Poissons sont refoulés en B ; mais en 10 *minutes*, six sur huit ont déjà passé de B en A ; deux cependant manifestent de l'indifférence et de la fatigue.

Refoulés encore au fond du couloir B, six sur huit passent de nouveau de B en A en 7 *minutes* cette fois, presque sans exploration, comme s'ils se trouvaient en pays connu.

Refoulés pour la quatrième fois, 3 *minutes* suffisent à six d'entre eux pour revenir en A, sans même opérer la moindre exploration ! Il y a donc là une diminution régulière du temps nécessaire à franchir cette même distance, proportionnellement au nombre d'exercices : c'est d'abord 18, puis 15, puis 10, puis 7, puis enfin 3 minutes que prend chacune des courses successives.

Ces expériences ne démontrent-elles pas d'une façon évidente que les Epinoches, non seulement examinent et prennent connaissance des lieux, mais qu'elles en conservent l'image, le souvenir, pendant un certain temps ? Elles ont donc la mémoire des lieux qu'elles ont explorés et cette mémoire, dans le cas présent, s'est non seulement conservée pendant quelques heures, mais elle s'est visiblement fortifiée par la répétition des exercices.

Le lendemain, cette expérience est recommencée à seize heures de distance, depuis la dernière observation. En 2 *minutes* cette fois, sept Epinoches sur huit ont passé de B en A, sans difficulté, presque sans aucune recherche ; elles sont allées vers le passage qu'elles ont franchi sans hésitation toujours, comme en lieu connu et familier. L'une d'elles cependant, indifférente, reste en B dans une attitude de lassitude.

Le souvenir des lieux reconnus a donc évidemment persisté, dans les centres nerveux des Epinoches, pendant au moins 16 heures consécutives.

EXPÉRIENCE 4. — Le labyrinthe est compliqué d'une seconde plaque de verre, placée parallèlement à l'autre, de façon que l'aquarium se trouve divisé en trois compartiments et que le premier passage se trouve cette fois à gauche au lieu de se trouver à droite comme précédemment ; le second passage est à droite.

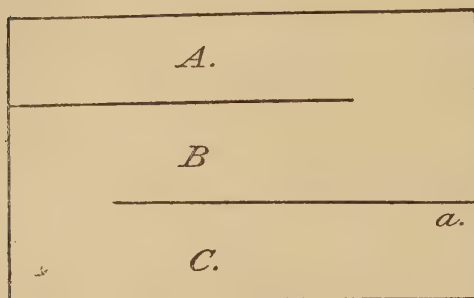


FIG. 18

L'aquarium est placé tout à fait comme dans l'expérience précédente. Huit Epinoches y sont déposées au fond du couloir C. Pendant 15 minutes, elles cherchent à passer par l'angle a , où habituellement elles trouvaient le passage ouvert. Au bout

d'une demi-heure environ, après recherches et exploration, quatre d'entre elles franchissent le premier, puis plus facilement le second passage et se trouvent en A. Quatre autres s'acharnent toujours à l'angle a , cherchant constamment le passage accoutumé dont elles ont conservé le souvenir depuis 33 heures.

Au bout de 1 heure 20, 7 Epinoches sont arrivées en A ; une seule, toujours lente et lourde, continue à chercher l'ancien passage, allant et venant contre la plaque de séparation, mais ne parvient pas à trouver une issue !

Cette première observation démontre que si la mémoire s'est conservée chez toutes ces bestioles pendant un nombre d'heures considérable, elles n'ont pas toutes le même degré de vitalité et d'initiative lorsque les conditions ont changé. Ainsi, tandis que la première Epinoche a découvert le nouveau passage en 5 minutes, la dernière n'y est même pas parvenue en 1 h. 20 ! Dans toutes nos recherches, nous avons constaté de grandes différences individuelles de comportement chez ces animaux.

Le lendemain, les huit Epinoches sont replacées au fond du couloir C. Pas une seule d'entre elles ne cherche encore l'ancien passage ! Ce souvenir est-il perdu ? Ou bien est-il seulement refoulé par le souvenir plus récent du nouveau passage à gauche ?

Quoiqu'il en soit, au bout de 55 *minutes* cette fois, toutes se sont rendues dans le compartiment A.

Donc, dans ce labyrinthe relativement compliqué pour elles, les Epinoches, malgré une ancienne disposition des lieux dont elles n'ont certainement pas encore perdu la mémoire, se sont reconnues au second essai, après un laps de temps de 24 heures; elles n'explorent plus les lieux avec la même inquiétude et elles mettent beaucoup moins de temps pour arriver au but.

Le surlendemain, soit 48 heures après le premier essai, la même expérience est renouvelée par trois fois :

La 1^{re} fois, presque toutes effleurent la surface de l'eau et longent les plaques de séparation. Une seule nage très vive, allant et venant dans le deuxième compartiment; une autre, très lente et très lourde, avance doucement dans le fond, entre les parois. En somme, elles mettent 15 *minutes* pour se rendre en A.

La 2^e fois, en 10 *minutes*, sept sont en A; la 8^e, très vive, s'est établie dans le deuxième compartiment dans lequel elle va et vient en gardienne fidèle, sinon en propriétaire !

La 3^e fois, en 10 *minutes* encore sept sont arrivées en A, la 8^e, toujours la même, s'est de nouveau arrêtée au deuxième compartiment dont elle se rend souveraine !

L'ensemble de cette expérience nous fait voir que les Poissons, après avoir observé les lieux, ont appris à les reconnaître, qu'ils en ont conservé le souvenir et qu'ainsi ils sont arrivés à réduire le temps de parcours du même trajet de 1 h. 20 à 10 minutes seulement !

EXPÉRIENCE 5. — *Le chemin de retour* : quoique la route pour se rendre de C en A soit maintenant connue, le chemin de retour est difficile à retrouver; c'est du moins ce que nous apprend l'expérience que nous allons maintenant exposer. (Voir fig. 20).

Les Epinoches habituées au labyrinthe sont introduites dans le compartiment A, où elles se groupent vers la paroi extérieure. Comment les amener à revenir dans le compartiment le plus éclairé ? Le moyen le plus simple et le plus efficace paraît être celui de leur présenter des vers de vase dont elles sont très friandes. Des vers sont donc introduits dans le couloir C; ils sont aperçus immédiatement. Les Epinoches se retournent, se pressent et s'agitent contre la première plaque de séparation; après

de multiples tentatives infructueuses, elles se découragent, renoncent à poursuivre une proie trop lointaine; mais aucune ne sait contourner les obstacles.

Alors les vers sont présentés dans le compartiment moyen, plus rapproché, où veille une Epinoche qui s'en est, semble-t-il, appropriée. En 6-7 minutes, plusieurs individus ont franchi l'obstacle, le premier passage, et sont arrivés tout près de la proie, mais ils sont refoulés en A par l'Epinoche qui s'est érigée en propriétaire du compartiment !

Pour la seconde fois des vers sont encore déposés en C, au fond du couloir : une Epinoche y parvient en 17 minutes ; au bout de 30 minutes, 3 y parviennent encore ; les autres sont parvenues en B où elles se pressent contre la paroi de séparation, malgré les efforts de la propriétaire, mais sans savoir encore retrouver le second passage.

En somme, cette expérience nous montre que, malgré qu'elles aient conservé la mémoire de la route pour aller de C en A, à tel point que le temps de ce voyage est réduit à 10 minutes, les Epinoches ont beaucoup de difficulté à se reconnaître pour le retour et la plupart n'y parviennent même pas !

EXPÉRIENCE 6. — Depuis trois jours les Epinoches sont habituées à ce nouveau labyrinthe ayant le premier passage à gauche. L'expérience est recommencée :

Dans un premier essai, les Epinoches sont placées au fond du couloir C. Elles sont aujourd'hui lentes et calmes ; elles se dirigent doucement, sans exploration, vers le premier passage. Toutes paraissent visiblement reconnaître leur route, car elles n'opèrent ni recherches ni tâtonnement !

En 40 minutes, 6 individus sont arrivés en A et 2 en B.

Dans un deuxième essai, les mouvements restent très lents, mais l'orientation est très sûre et se fait sans recherches.

En 35 minutes, 6 sont encore en A et 2 en B.

Dans un troisième essai, il y a toujours la même lenteur et la même sûreté dans la direction.

En 20 minutes, cette fois 6 sont en A et 2 en B.

D'où provient cette lenteur de mouvements constatée aujourd'hui ? Il est probable qu'elle est simplement due au refroidissement de l'eau, dont la température s'est abaissée de plus d'un

degré pendant la nuit; quoiqu'il en soit, malgré cette lenteur, on constate chez tous ces Poissons une réelle connaissance des lieux, c'est-à-dire une manifestation de la mémoire qui a persisté pendant trois jours en cette circonstance !

On voit aussi que par la répétition des exercices, l'évocation du souvenir s'affirme et réclame de moins en moins de temps pour sa manifestation.

EXPÉRIENCE 7. — Après trois jours d'expériences dans un cristalliseur, où le premier passage se trouvait à gauche et le second à droite, les plaques de séparation sont transposées de façon que le premier passage se trouve à droite et le second à gauche, tel que cela était auparavant et tel que le montre la figure ci-jointe. Les huit Epinoches sont placées en C. Voici leur comportement : 5 d'entre elles se heurtent contre l'angle *a*, y cherchent le passage qu'elles ont franchi pendant les trois derniers jours; donc elles ont conservé le souvenir de ce passage. Par contre 3 autres franchissent le passage ouvert à droite, longent le couloir B, franchissent le second passage et, sans difficulté, arrivent en A : elles paraissent donc bien, malgré trois jours d'exercices à

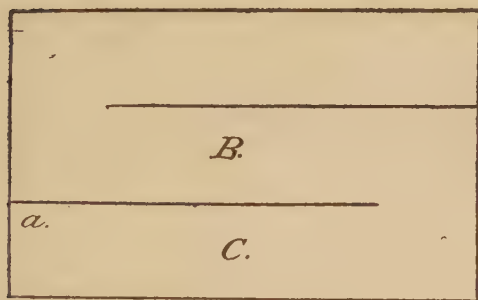


FIG. 19

gauche, avoir conservé la première empreinte de la route à droite. Comme les 5 restées en C se pressent dans l'angle *a*, elles sont excitées au moyen d'une pince; elles fuient vers la droite après avoir vainement tenté de passer à gauche et, franchissant les défilés sans recherches, elles parviennent facile-

ment en A. Il paraît donc bien que sous la dernière empreinte, inscrite depuis trois jours dans leur centre psychique, le souvenir latent, inscrit précédemment, se révèle ici et indique la route à droite, puisqu'elles retrouvent cette route aussi facilement, sans recherches et sans tâtonnement. L'acquisition des souvenirs, plus ou moins facile, paraît bien se faire par empreintes successives, les dernières recouvrant les premières sans les effacer. Il suffit

d'un choc pour les rappeler quand elles sont déjà recouvertes par les dernières acquisitions !

L'expérience est répétée : il n'y a plus que quelques tentatives pour passer par l'angle α . Deux passent par les nouveaux défilés et arrivent en A en 4 minutes. Les autres restent en C, indifférentes : elles montrent de la lassitude, comme toujours après un certain nombre d'exercices. La première plaque de séparation est alors enlevée ; au bout de quelques minutes, dans leurs mouvements très lents, elles franchissent la ligne idéale de séparation comme si celle-ci n'avait jamais existé ! Le souvenir de cette plaque semble donc déjà être évanoui, contrairement à ce qu'affirme Mlle Goldsmith en pareille occurrence.

La plaque de séparation est remise en place et laissée là pendant deux jours entiers, pour voir si le souvenir de cette séparation s'inscrirait mieux dans leur mémoire et s'évanouirait moins vite ?

Au bout de deux jours, les Epinoches sont poussées dans le compartiment C et les deux plaques de séparation sont enlevées. Ne sentant plus aucun obstacle, les animaux se mettent à nager très tranquillement dans l'aquarium, sans se soucier de la route habituelle : l'obstacle disparu, le souvenir s'était évanoui avec lui !

EXPÉRIENCE 8. — Les Epinoches ayant servi à de nombreuses expériences paraissent aujourd'hui fatiguées. De nouveaux essais sont quand même tentés avec elles, tout en prévoyant de leur part de l'indifférence et du retard.

Huit Epinoches sont donc placées en C (voir figure 19) : une première met 5 minutes à franchir le premier passage et 15 pour le second. Une deuxième va jusqu'en B, et les deux reviennent sur leur route. Mais, fait à remarquer, elles vont et viennent sans tâtonnement, sans recherche, sans hésitation, comme en pays connu. Les six autres stationnent en C, indifférentes.

Après 45 minutes, 5 individus sur 8 seulement ont franchi le premier passage ; les 3 plus petits, plus faibles, ne se sont pas souciés du tout de faire le moindre mouvement pour se déplacer. Pour constater le temps employé à apprendre *le chemin du*

retour, un tube de verre, contenant des vers de vase, est placé dans la partie gauche du couloir C. Immédiatement toutes les Epinoches, préalablement refoulées au fond du compartiment A, se heurtent à la plaque de séparation qui les empêche d'arriver jusqu'à la proie, mais ne savent pas contourner l'obstacle. Après des efforts multipliés, une d'elles finit cependant par arriver au but en 35 minutes; une deuxième, en 40 minutes; deux autres mettent 1 heure 10 et une autre, 1 h. 1/2. On constate donc par là que le retour est très difficile sur une route connue déjà pour l'aller ! La succession des images imprimées dans les centres mnémoniques n'est plus la même et l'animal doit en quelque sorte faire une nouvelle reconnaissance, ce qui lui demande naturellement une augmentation du temps employé à se reconnaître. Il faut tenir compte aussi du temps perdu en vaines tentatives contre les parois de séparation, comme aussi du facteur fatigue, ralentisseur de mouvements.

Quoiqu'il en soit, il ressort de ces expériences quelques indications générales : les Epinoches explorent d'abord le milieu inconnu, où elles se trouvent, pour le reconnaître ; cette reconnaissance s'inscrit dans leurs centres nerveux et s'y conserve sous forme de mémoire, dont la rapidité d'évocation est proportionnelle au nombre des exercices ; elles arrivent d'autant plus vite au but qu'elles connaissent mieux leur route. Mais la route connue dans un sens n'est pas reconnue dans le sens inverse et l'animal doit en faire la connaissance à nouveau, du moins en partie; les différences individuelles, tant pour la reconnaissance des lieux que pour la vitesse des mouvements, sont très grandes.

EXPÉRIENCE 9. — Après cinq jours de repos, l'expérience du *chemin du retour* est renouvelée pour voir si le souvenir en est conservé. Les Epinoches sont placées en A (voir fig. 19) : des vers de vase sont déposés dans l'angle *a*, au fond du couloir C; les Epinoches s'orientent aussitôt du côté de la proie et se heurtent à plusieurs reprises contre la plaque de verre de séparation. La première met 7 minutes à franchir le premier passage pour venir se heurter contre la seconde plaque, en face de la proie.

En 8 minutes, elles y sont 2; en 15 minutes, 5; en 16 minutes, 7; mais bientôt, devant l'inutilité de leurs efforts, elles ne se

heurtent plus au verre; elles nagent dans le compartiment B, cherchent une voie, sans savoir contourner l'obstacle. Découragées par l'insuccès, plusieurs s'en retournent en A; mais, inquiètes, elles reviennent vers la proie.

En 24 minutes enfin, l'une d'elles franchit l'obstacle et parvient au but; à la trentième minute, trois autres contournent encore l'obstacle et arrivent vers la proie. Deux autres cherchent toujours leur voie en B et une seule, lourde et lente, se trouve encore en A.

Donc, en ce nouvel essai, elles mettent un temps beaucoup moins long à se reconnaître et à parvenir au but: il est évident qu'une mémoire latente s'est conservée ici pendant 5 jours et qu'elle a facilité la reconnaissance au second tour; mais là encore, il y a des différences individuelles très accentuées.

EXPÉRIENCE 10. — Faisons aujourd'hui une double expérience: voyons si les Epinoches ont bien conservé la mémoire des passages qu'elles ont pratiqués à droite comme à gauche.

D'abord voici le labyrinthe avec le premier passage à droite: huit Epinoches sont introduites en C (voir fig. 19); à la première minute, deux individus franchissent le premier passage, sans aucune hésitation.

A la cinquième minute, 2 franchissent le second passage sans recherche ni hésitation.

A la dixième minute, 5 individus sont parvenus en A; 3, les plus lourds, sont en C; tous se sont déplacés sans hésitation et sans tâtonnement, en suivant la ligne médiane.

A la vingt-cinquième minute, il ne reste plus en C qu'une Epinoche retardataire, lente et lourde, qui arrive au but en 40 minutes seulement.

Donc ici, d'après le temps employé, on peut légitimement admettre que les Poissons ont reconnu leur route, c'est-à-dire qu'ils ont conservé le souvenir des détours du labyrinthe dont ils ont conservé l'empreinte; autrement dit, ils ont manifesté de la mémoire.

Renversons maintenant les dispositions de ce même labyrinthe, en fermant le passage à droite et en l'ouvrant à gauche, disposition dont ces Epinoches n'ont pas fait usage depuis *dix jours*. Rappelons-nous que la dernière fois, au bout de 40 mi-

nutes, 4 d'entre elles étaient arrivées en A; 2 en B; et 2 étaient restées en C. Voyons donc si, cette fois, elles arriveront plus vite.

Les huit Epinoches sont placées en C. (Voir fig. 18).

A la dixième minute, 3 sont en A; 4 en B;

A la quinzième minute, 4 sont en A; 3 en B;

A la vingtième minute, 5 sont en A; 3 en B.

Elles se sont très peu heurtées au passage fermé; après un léger tâtonnement, elles ont trouvé le passage à gauche et l'ont franchi sans difficulté.

Que conclure de ces faits ? Il paraît bien évident que, constatant l'impossibilité de passer à droite, elles se sont rappelé l'ancien passage, pratiqué *dix jours* auparavant, dont l'image s'était incrustée en elles pendant quatre jours à cette époque. La pratique récente d'une autre route n'était donc pas parvenue à faire évanouir cet ancien souvenir : les deux empreintes, l'ancienne et la récente, s'étaient conservées à la fois.

EXPÉRIENCE 11. — Les Poissons sont donc habitués aux dispositions du labyrinthe décrit dans l'expérience précédente; ils sont encore laissés là pendant 24 heures, pour mieux graver en eux la mémoire des lieux. Puis pour voir si, après cette empreinte bien marquée, ils continueraient à suivre les contours habituels du labyrinthe, comme l'affirme Mlle Goldsmith, les plaques de verre servant de séparation sont enlevées. Voici le comportement des Epinoches qui se trouvent en C :

En 2 minutes, 3 d'entre elles, ne sentant plus la plaque de verre, franchissent la limite idéale sans aucune hésitation; 2 paraissent suivre le couloir, puis le passage; 3 nagent lentement, sans paraître se soucier le moins du monde de l'obstacle dont le souvenir semble évanoui.

L'expérience est répétée, après avoir laissé encore quelques instants la plaque de séparation à sa place habituelle : dès que l'obstacle a disparu, tous les Poissons s'en vont directement vers le côté opposé, le moins éclairé, tout comme s'il n'y avait jamais eu de séparation.

Que pouvons-nous conclure de ces faits ? D'abord ils sont en contradiction avec la thèse de Mlle Goldsmith, évidemment. Mais ensuite, quelle interprétation faut-il leur donner ? Com-

ment expliquer ce comportement ? Est-ce un évanouissement rapide du souvenir dont on se rendrait difficilement compte ? Est-ce une très fine sensation tactile, avertisseuse d'une résistance, disparue ? Est-ce peut-être encore l'organe visuel qui ne percevrait plus la plaque de verre ?

Si les Poissons voient la plaque de verre, il est très compréhensible que celle-ci enlevée, ils suivent la voie libre de tout obstacle. Mais alors on ne comprend pas du tout que l'un ou l'autre continue à suivre la route idéale comme si l'obstacle existait encore ? Pour nous assurer expérimentalement du rôle de la vue en cette occurrence, compliquons le labyrinthe en ajoutant une petite lame de verre transversale à la lame de séparation, soit *ab*, suffisamment grande pour ne laisser qu'une étroite

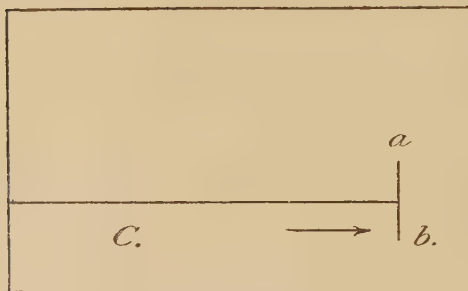


FIG. 20

ouverture. En plaçant les animaux en C, ils viennent se heurter contre cette petite lame, ce qui prouve évidemment qu'ils ne la voient pas ; et, en tâtonnant, ils apprennent assez rapidement à contourner l'obstacle, puisque 6 individus le fran-

chisent en 14 minutes seulement. Même comportement au retour : tous se heurtent à cette petite plaque qu'ils apprennent du reste rapidement à contourner. Il paraît donc bien que la vue ne joue pas de rôle dans la perception de la plaque de verre : il convient ainsi d'écarter ce facteur de direction en cette circonstance.

Resterait alors une autre cause qui faciliterait la reconnaissance des lieux : ce serait une certaine résistance particulière de l'eau ou du moins une sensation très délicate de cette résistance près d'un obstacle. Quand l'obstacle disparaît, cette sensation de résistance disparaît aussi par le fait même et l'animal, ne la sentant plus, suivrait la voie directe pour aller au but.

Mais avant de recourir à cette hypothèse, dont la vraisemblance se confirmerait en tout cas par les explications physiologiques que Milne Edwards donne du « sens alaire » conducteur des chauves-souris aveuglées qui, par la délicatesse de leur sens

tactile percevant la plus ou moins grande densité de l'air, évitent ainsi très bien les obstacles, examinons encore d'un peu plus près le rôle de la vision dans la direction du Poisson.

Pour mieux nous assurer si les Poissons ne voient pas la plaque de verre, tournons l'aquarium de façon que sa longueur soit perpendiculaire au plan de la fenêtre et que la petite plaque lui soit parallèle. Les animaux sont placés en A et en B. Naturellement ils vont vers le côté le moins éclairé. Tous se heurtent à la plaque *ab*. Puis ils tâtonnent, recherchent, vont, viennent, frôlent l'obstacle, et en 25 minutes, reconnaissent les lieux et franchissent les obstacles qu'ils ont appris à connaître.

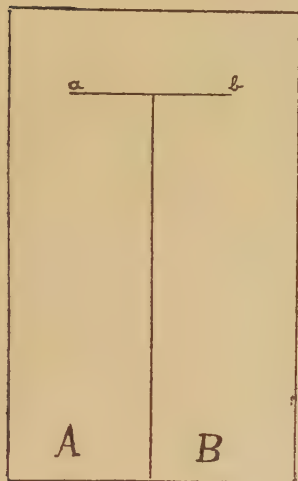


FIG. 21

Mais alors, pourrait-on objecter, ils n'auraient donc pas cette délicate sensation de la résistance de l'eau à l'approche d'un obstacle ? Entendons-nous : ils peuvent l'avoir eue de prime abord déjà ; mais tant qu'ils n'ont pas reconnu l'obstacle lui-même, ils persistent à avancer ; tandis que, l'obstacle une fois reconnu, il leur suffit de percevoir cette sensation pour l'éviter. Et ainsi, dès que l'obstacle est

enlevé, la perception de cette résistance n'existe plus et l'animal retrouve la liberté de direction, à moins que l'empreinte du souvenir ne soit elle-même très forte, comme cela arrive dans quelques cas.

EXPÉRIENCE 12. — Une jeune Epinoche et une jeune Tanche :

1) Dans un labyrinthe où le premier passage est à gauche et le second à droite, ces deux très jeunes Poissons sont introduits dans le compartiment C. L'Epinoche, très mobile et très vive, examine avec vivacité tout le compartiment, ses bords de haut en bas et de bas en haut ; elle parvient en A en 20 minutes ; elle explore minutieusement ce compartiment, va, vient, monte, descend, frôle tout de son museau ; à son retour, elle en fait

autant du compartiment B et continue son exploration et sa reconnaissance des lieux pendant 1 heure 1/4. Ses recherches ont donc pris 75 *minutes* la première fois.

Pendant ce temps, la petite Tanche, moins entreprenante et moins curieuse, a simplement visité les couloirs C et B, calmement, et elle s'immobilise après des recherches qui ont duré 20 *minutes*. On voit déjà là un comportement spécifique bien différent.

2) Après 5 h. 1/2 d'intervalle et de repos, l'expérience est reprise : en 5 *minutes*, cette fois, la petite Tanche franchit couloirs et détroits et se trouve calme en A; puis elle revient doucement en B.

Au contraire, l'Epinoche explore encore le compartiment C, va, vient, monte à la surface, descend au fond.

Toutes deux franchissent les passages sans hésitation et sans arrêt quelconque.

Donc ici l'action de la mémoire est évidente : la Tanche met 5 *minutes* à franchir un trajet dont la moitié lui avait demandé 20 *minutes* la première fois. Et l'Epinoche met seulement 22 *minutes* pour une exploration et un retour qui lui en avaient pris 75 le matin. Dans les deux cas, le temps d'exploration diminue des 3/4 environ au deuxième exercice.

3) L'expérience est recommencée pour la 3^e fois : les résultats cette fois sont encore plus nets. En effet, en 2 *minutes* les deux Poissons franchissent le second passage; en 5 *minutes*, l'Epinoche est allée au fond du couloir A et en revient déjà ! Le parcours se fait sans tâtonnement, sans recherche, sans examen, absolument comme en pays connu !

Les conclusions qui se dégagent de ces faits paraissent claires :

a) les Poissons apprennent par des tâtonnements, par l'examen des lieux, à connaître le milieu dans lequel ils évoluent ;

b) ils apprennent plus ou moins facilement, avec plus ou moins de recherches, suivant les espèces et suivant les individus;

c) les tâtonnements et les recherches diminuent et disparaissent par la répétition des exercices;

d) les animaux conservent la mémoire des lieux reconnus et finissent par y évoluer rapidement, comme en milieu familier.

EXPÉRIENCE 13. — Une Epinoche sauvage et une nouvelle Epinoche, qui n'a pas encore servi à des expériences, font les frais de cette nouvelle observation. Placées toutes deux en C, elles paraissent inquiètes, étonnées ; elles agitent leurs nageoires et dressent leurs épines. Au bout de 5 minutes, elles s'élèvent du fond vers la surface et elles se heurtent à la séparation en voulant nager dans le vase. A la 15^e minute l'une, à la 16^e l'autre, elles arrivent en A, après avoir tâtonné les bords tout le long du parcours.

Les Epinoches sont refoulées en C pour un nouvel essai : en 4 minutes cette fois l'une d'elles passe en A sans aucun examen ! L'autre, très calme, y arrive en 14 minutes !

Là encore on voit pour ainsi dire la mémoire des lieux se manifester clairement : quand on est penché sur ces petits animaux pour étudier leur comportement, on est vraiment frappé par la constante diminution de leurs efforts de recherches dans la reconnaissance des lieux ; on y saisit pour ainsi dire sur le vif les progrès et l'évocation de la mémoire !

EXPÉRIENCE 14. — Après avoir joui d'un repos à peu près complet pendant 17 jours, les Poissons sont réintroduits dans le même labyrinthe : s'ils en ont perdu le souvenir, ils feront de nouvelles recherches, ils opéreront de nouveaux tâtonnements ; ils mettront sensiblement le même temps que la première fois pour arriver au but. Si, au contraire, ils en ont conservé la mémoire, ils feront peu ou, en tout cas, moins de recherches et ils arriveront au but en un temps relativement court.

Eh bien ! voici les résultats de l'expérience :

en 3 minutes, 4 individus franchissent le premier passage, presque sans tâtonnement ;

en 7 minutes, 3 d'entre eux franchissent le second défilé ;

en 10 minutes, 4 sont arrivées en A, 2 en B et 2 qui se trouvent encore en C sont orientées vers le premier passage !

Donc, après 17 jours, ces Poissons ont évidemment conservé la mémoire de ce labyrinthe !

Devant ce résultat, qui paraît incontestable, les parois du vase sont recouvertes de papier blanc ; les séparations restent transparentes. Les Epinoches sont désorientées par ce changement, quoique le labyrinthe ait conservé exactement les mêmes dispo-

sitions topographiques. Elles sont vives, agitées, vont, viennent, cherchent d'un côté et de l'autre ! Elles ne touchent pas au papier qu'elles examinent cependant; mais elles flairent et tâtonnent les séparations, comme si elles étaient dans un nouveau milieu. Voici donc leur comportement :

- en 3 minutes, 2 passent le premier détroit;
- en 10 minutes, 1 est en A, 3 sont en B, 4 en C;
- en 15 minutes, 2 sont en A, 5 en B, 1 en C;
- en 20 minutes, 6 sont en A, 1 en B et 1 en C.

Le retard est donc ici très marqué, évident. D'où provient-il ? De la recherche causée par la surprise, de la désorientation ? Si, comme on pourrait le croire, le Poisson se conduisait par la mémoire motrice, musculaire, la course se serait faite plus vite puisque les dispositions topographiques du labyrinthe restaient les mêmes. Mais il paraît évident que la vue a été frappée par la nouvelle coloration à laquelle l'animal n'était pas habitué : cela a suffi pour troubler l'évocation de sa mémoire et provoquer de nouvelles recherches. Celles-ci ne se sont point faites sur le pourtour extérieur du vase, parce que le papier blanc était certainement aperçu ; elles se sont faites par contre le long des parois de séparation, transparentes, et l'animal a dû se rendre compte qu'elles existaient toujours dans ce nouveau labyrinthe aux blanches parois. Cette expérience donne l'impression que le Poisson reconnaît son milieu par le tact et par la vue à la fois et non pas par la mémoire motrice.

Enfin, comme les Epinoches paraissaient très bien voir le papier blanc, puisqu'elles ne tâtonnaient par les surfaces qui en étaient recouvertes, des bandes de ce même papier furent aussi appliquées sur les faces de séparation, de sorte que le labyrinthe, sauf le fond, était entièrement recouvert de papier blanc. Huit Epinoches sont alors placées en C; à mon étonnement, elles ne font plus aucune recherche ni aucun tâtonnement.

En 5 minutes, 7 d'entre elles arrivent au fond du compartiment A; une seule, la paresseuse, est restée en C, sans bouger ! Les autres reviennent, s'en vont, reviennent encore comme en région très connue, sans flairement, sans aucun tâtonnement.

Ici évidemment la mémoire elle-même a été puissamment aidée par la vue, grâce aux parois visibles et non plus transparentes.

Pour vérifier cette hypothèse, tout en laissant les faces extérieures recouvertes de papier blanc, des plaques de verre transparent sont de nouveau utilisées comme séparation. Aussitôt toutes les Epinoches se heurtent à ces parois, les flairent, les examinent et recherchent leur voie : en 7 minutes une seule parvient en A; en 15 minutes deux seulement y sont arrivées !

EXPÉRIENCE 15. — Voici des Epinoches nouvelles, jeunes et vives, qui n'ont jamais été expérimentées. Elles sont placées dans le même labyrinthe et soumises aux mêmes procédés d'observation : leur comportement général est absolument le même. Elles cherchent, flairent, examinent les bords du vase à droite, à gauche, allant de la surface au fond et du fond à la surface. Par la répétition des recherches, le temps employé à l'exploration se raccourcit et l'examen des lieux diminue proportionnellement à la connaissance acquise. Ce qu'il y a d'évident, c'est que ces petits animaux, qui sont au bas de l'échelle des Vertébrés, *apprennent à reconnaître* le milieu où ils se trouvent et qu'ils *conservent le souvenir* des lieux qu'ils ont reconnus.

Mais le moindre changement dans la disposition topographique les désoriente et provoque, de leur part, de nouvelles recherches.. Par contre, je n'ai jamais remarqué la moindre hésitation particulière à franchir les défilés comme l'affirme la thèse de Mlle Goldsmith.

Le grand fait psychologique qui ressort avec netteté de toutes ces expériences, c'est que le Poisson, placé dans de nouvelles conditions de milieu, *apprend et se souvient* ! En ichtyologie, pas plus qu'en entomologie, l'instinct qui dirige l'animal n'est immuable ni infaillible comme le prétend Fabre, bien à tort, dans ses « Souvenirs entomologiques » — qui n'en sont pas moins d'admirables romans. Remarquons aussi que le souvenir, s'il est gravé par un nombre d'exercices suffisant, peut se conserver pendant un temps relativement long : pour notre part, nous l'avons vu, dans les expériences poursuivies jusqu'ici, durer pendant 17 jours et même une fois pendant 19 jours !

Comment les Poissons reconnaissent-ils leur environnement ?

Il est évident que la vue joue ici un très grand rôle lorsque les parois du labyrinthe ne sont pas transparentes, quand elles présentent un aspect coloré. Ainsi, quand le vase est recouvert

de papier blanc, la route est immédiatement reconnue : il n'y a presque pas alors de flairerment ni de recherches quelconques.

Mais par contre, lorsque les parois sont transparentes et par conséquent invisibles, comme nous l'avons démontré, la vue ne paraît pas être du tout le sens directeur ; la reconnaissance s'opère alors par un organe de suppléance, qui est, semble-t-il, à n'en pas douter, l'organe du tact. En effet, les Poissons se heurtent alors aux parois invisibles et les flairent en tous sens, avec leur museau, jusqu'à reconnaissance complète. C'est donc par le tact qu'ils reconnaissent ainsi, en pareille circonstance, le milieu où ils évoluent. On a prétendu, il est vrai, qu'ils se guideraient par les reflets de lumière éclairant les parois du vase. Nous croyons que c'est une erreur, pour autant du moins qu'on ne l'aura pas démontré expérimentalement : nous avons fait quelques expériences dans cette direction, mais elles ont été négatives.

Par contre, si vous anesthésiez, même légèrement, les lèvres des Poissons où le sens tactile est très développé, toutes les recherches s'arrêtent ; et les animaux qui jouissent pourtant de l'intégrité de leur organe visuel, comme des mouvements des muscles et des nageoires, s'immobilisent et ne poursuivent plus leur route vers l'obscurité !

EXPÉRIENCE 16. — Le museau de 5 Epinoches est badigeonné légèrement à la cocaïne. Ces animaux sont ensuite introduits dans le compartiment C du labyrinthe : 3 d'entre eux restent calmes et s'immobilisent de suite ; 2 montent et descendent dans l'eau, se butent au verre pendant quelques secondes et finissent par s'immobiliser à leur tour, sans frôler les parois, sans les tâtonner selon leur habitude, sans faire le moindre effort pour passer du compartiment C dans le compartiment B. Tous ces Poissons restent dans le fond, agitant leurs nageoires. Ils sont calmes, sans aucun mouvement et ils ne dressent point leurs nageoires. Si une pince est introduite vers eux, ils la fuient, donc ils la voient ; si on les touche au moyen d'une pince en verre, ils s'en vont, donc ils sentent. Où est dès lors leur mémoire visuelle ? leur mémoire motrice ? leur lucifugisme ou leur phototropisme négatif ?

Au bout de 25 minutes, un seul, le dernier badigeonné, tâtonne

de temps à autre dans un angle; mais son tâtonnement a quelque chose d'anormal, de violent, de saccadé, de déséquilibré, se butant trop fort et reculant ! Les autres restent imperturbablement calmes.

Cette expérience ne démontre-t-elle pas que le sens du tact, très développé au pourtour des lèvres, joue un grand rôle dans la direction, soit dans la recherche et la reconnaissance des lieux ?

EXPÉRIENCE 17. — Comme jusqu'ici les Epinoches étaient groupées, on pourrait attribuer une certaine influence à l'imitation collective, quoique, en réalité, les différences de comportement soient grandes entre les individus. Expérimentons donc un individu isolé.

Une Epinoche « sauvage » est placée dans un labyrinthe à trois compartiments : elle arrive d'abord au but en l'espace de 1 minute, se heurtant un peu aux parois; mais en deux nouveaux essais, elle y arrive en 30 secondes !

Alors le labyrinthe est compliqué en ajoutant perpendiculairement à la séparation une petite plaqué de verre. L'animal, cette fois, se heurte à ces petites plaques, qu'il ne voyait pas, ce qui provoque chez lui de la surprise et des recherches nouvelles pour reconnaître les lieux. Cette première fois, il met donc

4 minutes pour arriver en A ! Je continue six fois cette expérience :

la 2^e fois, il se heurte encore au premier et au second obstacle ; il met ainsi 3 minutes 1/2 pour arriver au but ;

la 3^e fois, il ne se heurte plus aux plaquettes de verre, mais il les con-

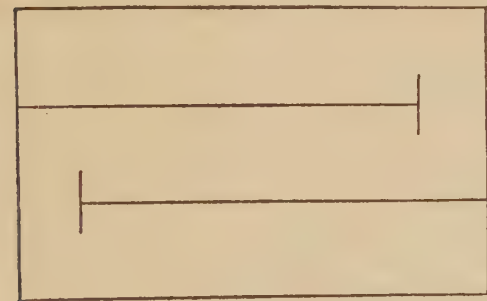


FIG. 22

tourne ; il met seulement 2 minutes pour parvenir au but ;

la 4^e fois, je remplace ces plaquettes par des plaquettes plus larges : il se heurte alors une fois à chaque nouvel obstacle et le contourne immédiatement ; malgré ces empêchements, il arrive encore au but en 2 minutes !

La 5^e fois, il se heurte encore légèrement, contourne les obstacles et arrive en 1 minute seulement !

La 6^e fois, il se heurte au premier obstacle, le contourne facilement, il évite le second et arrive au but en 30 secondes seulement !

Qui ne voit dans ce comportement si clair, dans cette si évidente et si régulière diminution de temps, une éducation, un auto-apprentissage, une empreinte mnémonique conservant et figeant en quelque sorte le souvenir, une évocation de cette image sous l'excitation des mêmes impressions visuelles, en somme une reconnaissance, par un jugement rudimentaire, des accidents d'une route déjà suivie auparavant ?

Il faudrait vraiment être aveugle, ou aveuglé par des convictions aprioristiques, pour ne pas voir, lorsqu'on est penché sur eux pour se rendre compte de leur comportement, que ces petits animaux — si distants de nous sur l'échelle des Vertébrés — *apprennent et se souviennent* de ce qu'ils ont appris !

EXPÉRIENCE 18. — La conclusion à laquelle nous sommes arrivés que les Poissons « apprennent et se souviennent » est encore confirmée par l'expérience suivante : les deux plaques de séparation du labyrinthe sont fortement rapprochées de façon que le deuxième couloir est rendu très étroit, sans toutefois que les autres dispositions ne soient en rien changées. Cette modification qui n'atteint pas sensiblement l'aspect topographique de l'ambiance, ne provoque pas une réaction d'étonnement ou de surprise chez l'animal ; et, par conséquent, elle ne l'entraîne pas à perdre son temps en nouvelles explorations pour se reconnaître. En effet, dans sa première course vers l'obscurité, cette Epinoche, qui connaissait sa route par les expériences précédentes, se heurte seulement au second obstacle, à cause du trop fort rapprochement, le contourne en connaissance et elle arrive au but en 30 secondes seulement, temps obtenu déjà la veille !

Dans un deuxième essai, elle se heurte de nouveau au même obstacle et elle arrive encore en 30 secondes.

Dans un troisième essai, elle évite enfin ce second obstacle, dont le souvenir s'est sans doute gravé dans sa mémoire, et elle arrive au but en 20 secondes seulement !

Encore là, ne voit-on pas que non seulement ce petit animal

a conservé la mémoire de ce qu'il avait appris le jour précédent, mais qu'aujourd'hui même il apprend à éviter le nouvel obstacle dressé sur son chemin ?

Les mêmes expériences sont répétées sur une jeune Carpe et sur des Cyprins dorés. Ces Poissons sont moins vifs et par conséquent beaucoup plus lents à expérimenter que les Epinoches; mais les résultats obtenus sont exactement les mêmes, pris dans leur ensemble; recherches, explorations pour se reconnaître, mémoire des lieux et diminution du temps en proportion des exercices, cela jusqu'à la fatigue ; il y a toujours des différences individuelles très marquées lorsqu'on opère avec un groupe d'individus. Mais il faut se rappeler que chez tous, dès que la fatigue ou l'épuisement se produisent, les réactions se ralentissent et finissent par ne plus se manifester !

EXPÉRIENCE 19. — Voici une expérience qui a duré 3 jours; elle nous présente le tableau assez bien dessiné des efforts de reconnaissance le premier jour, des effets de la mémoire le deuxième jour et de ceux de la fatigue le troisième jour !

Douze Epinoches nouvelles sont placées au fond du couloir C du labyrinthe, d'où elles passeront en A conformément à leur tendance. En comptant le nombre d'individus qui se trouvent dans chaque compartiment, au bout de 1, 2 et 5 minutes, pendant trois exercices au moins chaque jour, nous pourrons en comparer les résultats et en tirer des indications intéressantes :

Premier jour :

	1 ^{er} exercice			2 ^e exercice			3 ^e exercice		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	←			←			←		
1 ^{re} minute.....	4	2	6	5	0	7	5	2	5
2 ^e minute.....	6	5	1	6	2	4	7	2	3
5 ^e minute.....	10	2	0	10	2	0	10	2	0
	20	9	7	21	4	11	22	6	8

Les animaux font vivement de très nombreuses recherches, le long des parois du vase, pour s'y reconnaître !

Deuxième jour :

	1 ^{er} exercice			2 ^e exercice			3 ^e exercice		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	←			←			←		
1 ^{re} minute.....	2	3	7	10	2	0	11	0	1
2 ^e minute.....	4	6	2	11	1	0	11	1	0
5 ^e minute.....	12	0	0	12	0	0	12	0	0
	18	9	9	33	3	0	34	1	1

Les recherches et les explorations sont bien moins nombreuses; elles se font moins vivement; les animaux paraissent connaître les lieux de plus en plus.

Troisième jour :

	1 ^{er} exercice			2 ^e exercice			3 ^e exercice		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	←			←			←		
1 ^{re} minute.....	3	5	4	2	2	8	5	5	2
2 ^e minute.....	5	4	3	3	2	7	6	4	2
5 ^e minute.....	10	1	1	7	3	2	11	0	1
	18	10	8	12	7	17	22	9	5

Cette fois les animaux commencent à se fatiguer et se meuvent lentement.

Ce tableau comparatif, lorsque nous l'analysons, n'est-il pas très suggestif ? Il nous montre comment ces animaux inférieurs arrivent au but, grâce à des recherches répétées, à la reconnaissance des lieux, grâce au souvenir évoqué des impressions inscrites dans leur mémoire, abrégeant de la sorte non seulement le temps de leur voyage, mais aussi leurs efforts d'orientation dans l'espace !

D'autre part, après les nombreux efforts des deux premiers jours, ils se montrent enfin fatigués le troisième jour, ce qui ressort évidemment de la lenteur de leurs mouvements; on constate qu'après avoir dégourdi leurs membres, si l'on peut s'exprimer ainsi, ils arrivent au troisième exercice à peu près au même résultat qu'au troisième exercice du premier jour; mais ils y arrivent cependant, ne l'oublions pas, cette fois sans aucun tâtonnement, sans la moindre recherche, tout comme des individus en connaissance des méandres du labyrinthe !

On voit donc là, comme toujours, que ces Vertébrés inférieurs *apprennent* et *se souviennent* de ce qu'ils ont appris !

Evidemment, nous sommes ici à l'aube même des fonctions psychologiques, que nous saisissons pour ainsi dire sur le vif, dans leur troublante et crépusculaire imprécision. Nous ne pouvons absolument pas comparer la faiblesse de ces facultés embryonnaires en éveil à la puissance de la mémoire parfois prodigieuse de ces Vertébrés évolués que sont les hommes adultes ! Tout au plus pourrions-nous en signaler la ressemblance avec celle d'un bébé qui commence à faire ses premiers pas, tâtonnant les objets qui l'entourent, palpant ses joujoux qu'il oublie même facilement, dès qu'il les a jetés hors de la portée de son champ visuel !

Nous constatons cependant toujours les mêmes procédés d'acquisition, de recherches, d'exploration, de tâtonnement, de raffermissement et d'assurance après de multiples essais, la même diminution d'efforts, le même automatisme progressif, proportionnel au nombre des exercices, la même évocation et le même évanouissement des souvenirs par la persistance, ou la disparition des excitations extérieures !

EXPÉRIENCE 20. — Toutes les expériences faites avec les Epinoches sont relativement claires et nettes, parce que ces animaux sont vifs et faciles à observer à la température du laboratoire. Il n'en est plus de même lorsqu'on expérimente les Cyprins dorés, par exemple. Ceux-ci sont lents; ils réagissent mal à la température ordinaire; ils se fatiguent très vite, de sorte que les résultats obtenus sont bien moins clairs et bien moins précis. Mais relevons cependant, au moins une fois, les indications fournies par ce genre d'expérimentation : un lot de 5 individus est introduit dans le labyrinthe ordinaire, dont l'eau est à la température de 12 degrés centigrades.

	1 ^{er} exercice			2 ^e exercice			3 ^e exercice		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1 ^{re} minute.....	0	3	2	1	1	3	1	1	3
2 ^e minute.....	1	1	3	2	1	2	1	2	2
5 ^e minute.....	2	2	1	3	1	1	4	1	0
	3	6	6	6	3	6	6	4	5

On le voit, c'est à peine si on remarque un léger mouvement, bien réel pourtant, dans le sens du phototropisme négatif : les animaux sont très lents à se mouvoir !

La température est portée à 18 degrés : il se produit alors chez eux un peu plus de vivacité :

	1 ^{er} exercice			2 ^e exercice			3 ^e exercice		
	←			←			←		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1 ^{re} minute.....	1	1	3	1	2	2	1	0	4
2 ^e minute.....	2	1	2	2	2	1	1	2	2
5 ^e minute.....	3	2	0	3	1	1	3	1	1
	6	4	5	6	5	4	5	3	7

Dans ces exercices les mouvements sont plus marqués et plus expressifs ; au 3^e, les Poissons sont déjà de retour en C, après être allés jusqu'en A, et, dans leur recherche, ils repartent dans le sens de A ; voilà ce qui explique leur nombre en C au moment où ils sont comptés.

Comme on le voit par cet exemple, les résultats sont en somme bien peu marqués ; comme nous l'avons déjà fait observer, ces jolis animaux sont lents à se mouvoir et, par conséquent, lents à expérimenter. Ils sont d'autant plus incommodes qu'ils ressentent très vite les effets de la fatigue et que leurs belles écailles dorées tombent facilement après quelques manipulations !

EXPÉRIENCE 21. — Plus d'une fois nous avons été frappé par l'influence de la cocaïne sur les Epinoches ; nous voulons l'examiner d'un peu plus près aujourd'hui sur huit individus, qui n'ont pas été expérimentés depuis 25 jours, pour voir si leur mémoire conserve aussi longtemps les souvenirs enregistrés !

Ces huit Epinoches sont donc placées dans le labyrinthe dont elles étaient coutumières autrefois (voir fig. 18). Elles mettent seulement 10 minutes pour passer du compartiment C dans le compartiment A, soit 3 minutes de moins que la première fois ! Il n'y a donc aucun doute, semble-t-il, qu'elles ont conservé le souvenir de la topographie du labyrinthe pendant la longue période de 25 jours !!

Les lèvres de ces 8 individus sont ensuite légèrement cocai-

nisées : aussitôt, au lieu de continuer à se mouvoir et de tâtonner les bords selon leur habitude, ils se butent une ou deux fois contre les parois et s'immobilisent presque complètement au premier passage. Ils paraissent du reste normaux, ils agitent leurs nageoires pectorales et opèrent un très lent mouvement de montée et de descente dans le liquide ! D'où provient ce singulier comportement ? Evidemment, il ne peut être causé que par l'anesthésie des lèvres. Le tact paraît donc bien jouer ici le principal rôle dans la reconnaissance du milieu et la direction de l'animal. La vue, qui est ici normale, ne paraît intervenir qu'en second lieu. Voici du reste les données mathématiques qui démontrent à quel point l'anesthésie du museau, à la cocaïne, arrête les mouvements de progression des Poissons vers leur région préférée :

				A	B	C	Observations : il n'y a ni déséqui-
				←			
1 ^{re}	minute....			0	0	3	libre ni collement des nageoires,
5 ^e	—	....		0	0	8	mais de la passivité. Les Poissons
10 ^e	—	....		0	1	7	ne flairent pas les bords, n'opèrent
17 ^e	—	....		2	3	3	pas de recherches comme ils en ont
20 ^e	—	....		2	3	3	l'habitude. Quelques-uns présentent
25 ^e	—	....		1	2	5	de la pâleur des téguments.
30 ^e	—	....		1	4	3	La lenteur des mouvements per- siste encore presque entière trois heures après le début de l'expé- rience !
35 ^e	—	....		1	4	3	
40 ^e	—	....		1	2	5	
45 ^e	—	....		3	3	2	
50 ^e	—	....		2	3	3	

Comment se produit cette parésie des mouvements ? Quel en est le processus, le mécanisme ? Par la simple anesthésie des terminaisons nerveuses périphériques ? Par l'abolition des réflexes ou du tonus musculaire ? Par l'intoxication des centres nerveux ? Laissons à la physiologie le soin de solutionner ce problème qui ne rentre pas précisément dans le cadre de nos recherches.

Remarquons seulement que ce phénomène ne peut provenir d'un évanouissement de la mémoire, car en ce cas, l'animal recommencerait ses recherches et ses explorations, comme il le ferait dans un milieu inconnu où il se trouverait pour la première fois !

EXPÉRIENCE 22. — Après avoir longuement expérimenté au moyen du labyrinthe horizontal, il nous vint à l'idée de tenter de nouvelles expériences au moyen d'un labyrinthe vertical, de notre invention, beaucoup plus compliqué ! Celui-ci est composé

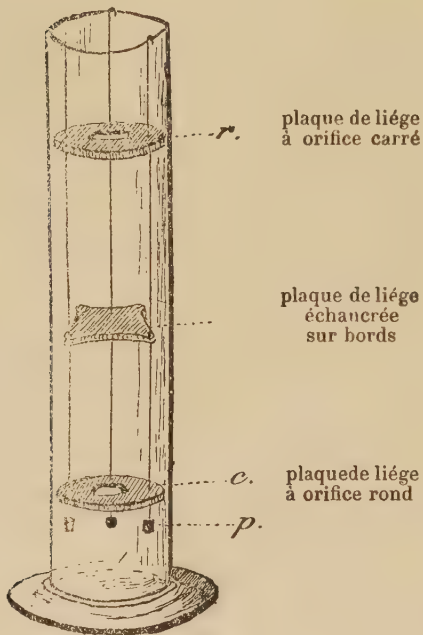


FIG. 23

d'une large éprouvette en verre de 45 centimètres de hauteur et de 6 centimètres de diamètre. Dans l'intérieur de cette éprouvette, on peut introduire un appareil composé de trois rondelles de liège reliées par trois fils de fer galvanisés, dont les bouts supérieurs recourbés servent à suspendre le tout. Trois plaquettes de plomb, carrées, accrochées aux bouts inférieurs des fils de fer, lestent l'appareil qui peut ainsi être introduit et enlevé facilement.

La plaque de liège supérieure présente à son centre un large orifice quadrangulaire ;

La plaque du milieu a trois échancrures sur les bords, par où les Poissons peuvent facilement passer ;

La plaque inférieure présente un large orifice circulaire au centre.

Ce labyrinthe forme donc ainsi quatre divisions superposées, séparées par des rondelles de liège ; chacune d'elles a un aspect particulier, une disposition typographique différente des autres, où le Poisson doit se reconnaître pour pouvoir se diriger. Le temps qu'il emploie pour opérer cette reconnaissance, ainsi que la diminution graduelle de ce temps, par la répétition des exercices, nous serviront à étudier ses facultés mnémoniques.

Examinons d'abord le comportement des animaux dans l'éprouvette seule, sans l'appareil intérieur, avant de voir et de

suivre leurs évolutions parmi les obstacles d'un labyrinthe fort compliqué, pour des cerveaux aussi rudimentaires.

Trois Cyprins y sont introduits : descendus au fond du vase, ils se comportent tout d'abord comme s'ils examinaient avec curiosité ce local inconnu; puis ils montent plus ou moins vite selon les individus ; ils montent et redescendent, flairant les bords. Un seul arrive à la partie supérieure au bout d'une heure seulement; les autres n'arrivent qu'aux trois quarts de la hauteur environ. Enfin, au bout de deux heures, ils en sont encore à examiner la partie inférieure, excursionnant de temps à autre dans la hauteur.

Ces si jolis Cyprins dorés se montrent toujours très lents dans toutes les expériences de laboratoire, de sorte que l'on se sent invinciblement porté à leur préférer les vulgaires Epinoches, vives, allurées, aux mouvements plus expressifs, plus expéditifs, ce qui facilite considérablement les observations.

Dix Epinoches sont donc introduites dans l'éprouvette ; ce sont des nouvelles, fort peu expérimentées jusqu'ici.

D'abord elles commencent la reconnaissance du vase par le bas, flairant, montant un peu, puis redescendant, tâtonnant d'un côté et d'autre, puis remontant de plus en plus haut, jusqu'à la partie supérieure. Cette exploration, vraiment intéressante à examiner, se fait avec une attention et une persévérance étonnantes; l'animal procède d'abord par petits segments, puis par segments de plus en plus allongés et agrandis; le museau frôle constamment les parois, de façon à bien se rendre compte par le tact, semble-t-il, de la configuration du milieu.

Les 10 Epinoches en question mettent 40 minutes à opérer cette reconnaissance ; elles finissent enfin par se cantonner et se tranquilliser dans la partie supérieure de l'éprouvette.

EXPÉRIENCE 23. — L'appareil de liège, sans être lesté de ses plaquettes de plomb, est alors introduit dans l'éprouvette : les animaux sont refoulés dans la partie inférieure; ils paraissent surpris, puis ils commencent immédiatement l'exploration de ces lieux brusquement et étrangement modifiés. Comparons les résultats de l'ascension des Poissons à 16 heures de distance :

Premier jour					Deuxième jour					Troisième jour				
A B C D					A B C D					A B C D				
4 h. 00	0	0	0	10	8 h. 30	0	0	2	9	9 h. 30	0	0	0	11
4 h. 05	0	0	1	8	8 h. 35	0	1	2	8	9 h. 35	0	0	2	9
4 h. 10	0	1	1	8	8 h. 40	1	1	2	7	9 h. 40	0	1	3	7
4 h. 15	1	1	1	7	8 h. 45	2	1	2	6	9 h. 45	0	4	1	6
4 h. 20	1	1	2	6	8 h. 50	2	2	1	6	9 h. 50	0	2	5	4
4 h. 25	0	1	2	7	8 h. 55	1	3	2	5	9 h. 55	1	2	5	3
4 h. 30	1	2	1	6	9 h. 00	1	5	2	3	10 h. 00	0	6	3	2
4 h. 35	3	2	1	4	9 h. 05	2	5	2	2	10 h. 05	0	5	4	2
4 h. 40	2	2	1	5	9 h. 10	2	6	2	2	10 h. 10	0	6	3	2
4 h. 45	0	4	3	3	9 h. 15	3	4	2	2	10 h. 15	3	3	5	0
4 h. 50	3	3	0	4	9 h. 20	3	5	1	3	10 h. 20	2	3	4	2
4 h. 55	0	5	3	2	9 h. 25	2	6	2	1	10 h. 25	3	2	4	2
5 h. 00	2	4	2	2	9 h. 30	3	5	3	0	10 h. 30	2	4	5	0
13 26 18 73					22 44 24 54					11 38 44 50				

Pour le premier et le deuxième jour, l'appareil n'est pas lesté avec les plaquettes de plomb, tandis que pour le troisième jour les plombs y ont été placés, ce qui a fortement attiré l'attention des animaux et ce qui les a retardés dans le premier et surtout dans le deuxième compartiment d'où ils revenaient visiter à nouveau le premier...

Naturellement, dans toutes leurs recherches, les animaux vont et viennent, de sorte qu'il ne faut tenir compte que de l'ensemble des chiffres constatés.

On n'en voit pas moins, en comparant ces données expérimentales, que du premier au deuxième jour il y a eu reconnaissance de la situation topographique et souvenir des impressions visuelles inscrites par le milieu ambiant, donc il y eût mémoire: le nombre des arrivées en A passe de 13 à 22; celui des arrivées en B, de 26 à 44; celui des arrivées en C de 18 à 24, tandis que les diminutions de stationnement en D sont de 19, puisqu'elles passent de 73 à 54. Devant ces constatations numériques, qui pourrait douter de l'existence de la mémoire chez les Poissons, surtout après avoir constaté *de visu* la diminution de leurs efforts de recherche et d'exploration dès la première reconnaissance du milieu ?

Mais l'exercice du troisième jour est encore plus significatif : par l'introduction des plombs, l'attention des Poissons a été troublée : il y eût par conséquent de nouvelles recherches dans ce labyrinthe, connu pourtant sous tous les autres rapports. Au lieu d'avoir une avance, comme cela se serait produit s'il n'y avait eu aucun changement, nous constatons un retard en D et en C, retard causé simplement par la présence des plaquettes de plomb qui attiraient l'attention des animaux et déroutaient un peu leur sens de direction, en modifiant le souvenir de la route, gravé dans leur mémoire par les explorations antérieures.

En comparant les données mathématiques précédentes, on voit très bien ressortir le phénomène de la mémoire, comme celui de sa perturbation par l'intervention d'un facteur intercurrent, consistant ici en une légère modification topographique :

	A	B	C	D
	←			
1 ^{er} exercice	13	26	18	73
	39		91	
2 ^e exercice	22	44	24	54
	66		78	
3 ^e exercice	11	38	45	50
	49		95	

Ces données démontrent clairement qu'au deuxième exercice les Poissons étaient guidés par le souvenir de la route reconnue le jour précédent, de sorte qu'ils arrivaient plus facilement au but ; elles démontrent également que si ce souvenir s'est conservé le troisième jour, puisque 49 individus arrivent en A et B, au lieu de 39 le premier jour, ce souvenir a été considérablement troublé par une simple modification topographique, puisque 95 individus s'attardent dans les deux premiers compartiments où nous en comptons seulement 78 le jour précédent.

Encore ici, il ressort avec évidence ce fait de psychologie zoologique, du moins pour tout observateur de bonne foi et non prévenu, que l'animal *apprend et se souvient*, même lorsque

son souvenir est troublé par des accidents qui retiennent son attention.

Evidemment, il ne faut pas l'oublier, lorsqu'il s'agit des animaux qui sont au bas de l'échelle des Vertébrés, ces fonctions psychologiques sont rudimentaires et fort éloignées de celles qui, chez l'homme, grâce à l'énorme développement des centres nerveux, présentent un extraordinaire épanouissement.

EXPÉRIENCE 24. — Pour étudier les effets de l'éthérisation sur la mémoire des Poissons, examinons comparativement deux lots d'Epinoches, l'un de 7 individus qui ont servi déjà à de nombreuses expériences et qui ont été éthérisés sur la ligne latérale il y a six jours, l'autre de 11 individus qui ont servi de sujets pour l'expérience 22 et qui seront éthérisés aujourd'hui. Le premier lot ne réagit plus du tout dans le labyrinthe. Pas un seul individu de ce groupe n'a franchi la première rondelle de liège; tous sont restés dans la partie inférieure de l'éprouvette, se contentant de flairer les bords du vase progressivement et très lentement. L'appareil intérieur une fois enlevé, les animaux montent doucement dans l'éprouvette, en explorant toujours lentement les bords. Que faut-il en conclure ? L'état de fatigue a certainement diminué les forces de ces organismes à tel point que si cette cause n'a pas amoindri ou détruit les souvenirs, du moins elle en a annihilé les manifestations; les chiffres sont ici un langage éloquent :

	A	B	C	D
8 h. 20.....	0	0	0	7
8 h. 25.....	0	0	0	7
8 h. 30.....	0	0	0	7
8 h. 35.....	0	0	0	7
8 h. 40.....	0	0	0	7
8 h. 45.....	0	0	0	7
8 h. 50.....	0	0	0	7
8 h. 55.....	0	0	0	7
9 h. 00.....	0	0	0	7
9 h. 05.....	0	0	0	7
9 h. 10.....	0	0	0	7
9 h. 15.....	0	0	0	7
9 h. 20.....	0	0	0	7

Ces animaux complètement épuisés sont du reste perdus pour l'expérimentation.

Examinons maintenant les résultats obtenus avec le second lot : ces Epinoches ont été expérimentées déjà à plusieurs reprises, mais elles sont visiblement moins fatiguées, moins surmenées que les premières. Elles servent à trois essais différents :

Dans le premier, la ligne latérale droite est éthérisée;

Dans le deuxième, la moitié de la ligne latérale gauche;

Dans le troisième, l'autre moitié de la ligne gauche encore.

	A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D
	←					←					←			
10 h. 45	0	0	0	11	2 h. 35	0	0	0	11	3 h. 45	0	0	0	11
10 h. 50	0	0	0	11	2 h. 40	0	0	0	11	3 h. 50	0	1	0	10
10 h. 55	0	0	0	11	2 h. 45	0	0	0	11	3 h. 55	0	0	1	10
11 h. 00	0	0	0	11	2 h. 50	0	0	0	11	4 h. 00	0	1	2	8
11 h. 05	0	0	1	10	2 h. 55	0	1	2	8	4 h. 05	0	1	3	7
11 h. 10	0	0	2	9	3 h. 00	0	1	3	7					
11 h. 15	0	0	2	9	3 h. 05	1	1	3	6					
11 h. 20	0	0	2	9	3 h. 10	1	2	4	4					
11 h. 25	0	0	2	9	3 h. 15	0	1	2	8					
11 h. 30	0	0	3	8	3 h. 20	0	1	3	7					

On voit que le premier essai présente un retard considérable; mais, dans le deuxième et le troisième, les animaux montent plus haut et plus rapidement : malgré le ralentissement, dû à la fatigue causée par l'éther, l'ascension est facilitée par la répétition des exercices ; la comparaison serait certainement plus frappante si le troisième exercice n'avait été interrompu par un accident imprévu. Là encore le souvenir des lieux connus se manifeste aussi.

Mais voici, chez ces mêmes animaux, les résultats comparatifs à 3, 16 et 17 jours de distance :

	3 jours					16 jours					17 jours			
	A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D
	←				.	←					←			
8 h. 55...	0	0	0	11		0	0	0	11		0	0	0	11
9 h. 00...	0	0	2	9		0	0	2	9		0	0	1	10
9 h. 05...	0	0	1	10		0	0	0	11		0	2	1	8
9 h. 10...	0	0	1	10		0	0	0	11		0	1	3	7
9 h. 15...	0	1	1	9		0	1	0	10		1	1	2	7
9 h. 20...	0	2	3	6		0	1	0	10		1	0	2	8
9 h. 25...	0	1	3	7		0	1	2	8		1	0	1	9
9 h. 30...	0	2	3	6		0	2	4	5		0	1	1	9
9 h. 35...	0	1	2	8		0	2	4	5		0	1	2	8
9 h. 40...	0	1	3	7		0	2	2	7		0	0	3	8
9 h. 45...	0	2	3	6		0	2	4	5		2	0	4	5
9 h. 50...	0	3	3	5		0	2	5	4		1	1	2	7
9 h. 55...	0	2	4	4		0	3	2	6		0	2	1	8
	0	15	29	98		0	16	25	102		6	9	23	105

Que tirer de la comparaison de ces chiffres ? D'abord il est évident que les animaux montent avec plus de lenteur, très probablement à cause de la fatigue et de l'épuisement causé par les éthérisations précédentes ; mais il est non moins évident qu'ils ont conservé la mémoire des lieux pendant 3, 16 et même 17 jours, car si leur ascension reste lente, elle se poursuit avec l'assurance des individus qui avancent sur un chemin parfaitement connu, et dont ils n'ont pas besoin d'explorer les abords.

Il faut noter qu'à la fin de l'observation de 3 jours il nous est arrivé de faire une remarque curieuse : à 10 heures, le ciel s'est couvert très rapidement de gros nuages, très noirs, qui ont déversé peu après une pluie diluvienne ; dès que l'obscurité se produisit, toutes les Epinoches qui se trouvaient dans les parties supérieures de l'éprouvette se précipitèrent rapidement dans le fond, comme effrayées.

EXPÉRIENCE 25. — Dans cette expérience, nous nous servons d'un labyrinthe à quatre compartiments, c'est-à-dire relativement très compliqué pour ces petits animaux. 10 Epinoches sont placées en D; leur comportement est observé à trois reprises successives, à 16, puis à 24 heures de distance. Les animaux, ne l'oublions pas, vont de D

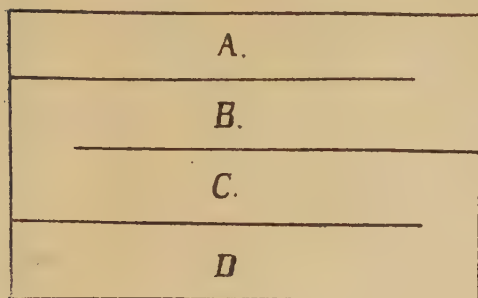


FIG. 24

en A, vers l'obscurité comme toujours.

Premier essai						Deuxième essai						Troisième essai					
D C B A						D C B A						D C B A					
→						→						→					
3 h. 50	10	0	0	0	0	3 h. 50	10	0	0	0	0	8 h. 55	10	0	0	0	0
3 h. 55	6	1	3	0		3 h. 55	5	1	3	1		9 h. 00	2	7	0	1	
4 h. 00	4	4	2	0		4 h. 00	2	2	4	2		9 h. 05	1	7	0	2	
4 h. 05	5	3	1	1		4 h. 05	3	1	3	3		9 h. 10	0	5	0	5	
4 h. 10	5	4	0	1		4 h. 10	3	3	2	2		9 h. 15	2	2	0	6	
4 h. 15	5	4	1	0		4 h. 15	2	3	1	4		9 h. 20	4	2	0	4	
4 h. 20	4	4	1	1		4 h. 20	2	2	0	6		9 h. 25	1	2	1	6	
4 h. 25	5	4	1	0		4 h. 25	2	3	0	5		9 h. 30	0	2	0	8	
4 h. 30	4	4	1	1		4 h. 30	2	1	3	4		9 h. 35	0	1	1	8	
4 h. 35	3	2	1	4		4 h. 35	3	1	1	5		9 h. 40	0	1	1	8	
4 h. 40	3	2	2	3		4 h. 40	3	1	2	4		9 h. 45	0	1	1	8	
4 h. 45	3	1	3	3		4 h. 45	3	2	2	3		9 h. 50	0	1	1	8	
57 33 16 14						40 20 21 39						21 31 5 64					

Ces tableaux sont frappants : les animaux, qui commencent d'abord par de très vives et de très actives recherches, parviennent assez difficilement, la première fois, à se rendre en A au fond du labyrinthe. Le lendemain, quoique toujours actives, les recherches diminuent et les Poissons arrivent plus tôt et aussi plus nombreux au but. Le troisième jour, les recherches ont fortement diminué et un grand nombre d'individus parviennent beaucoup plus vite à leur but. Si nous comparons les sommations

de ces chiffres, le résultat est si expressif que le doute ne paraît plus possible :

	D	C	B	A
1 ^{er} essai	57	33	16	14
2 ^e essai	40	20	21	39
3 ^e essai	21	31	5	64

Ne voit-on pas là clairement les progrès frappants de la mémorisation, pris sur le vif, comme la diminution des efforts effectués pour la reconnaissance ?

Quand l'observateur attentif se penche sur ces animaux et qu'il examine leurs recherches et l'ensemble de leur comportement, il est vraiment impossible qu'il n'admette pas, chez eux, ce que nous appellerions chez nous les facultés de discernement et de la mémoire.

EXPÉRIENCE 26. — Comment, dans l'expérience précédente, les animaux ont-ils reconnu leur route ? Par la vue ? Par le tact ?

Nous avons déjà constaté que dans leur ascension, dans le labyrinthe vertical, les Poissons tâtonnent les parois de l'éprouvette, les flairent longuement avec leur museau. Lorsqu'ils arrivent à la première rondelle de liège, percée d'une large ouverture au centre, ils ne paraissent pas du tout la voir, car ils s'efforcent, pendant longtemps, de trouver un passage entre les parois de l'éprouvette et la plaque de liège. Ce comportement démontrerait que le sens tactile, plus que l'organe visuel, conduirait l'animal dans la direction qu'il veut suivre. L'expérience suivante confirmerait cette hypothèse :

Les 10 Epinoches expérimentées précédemment reçoivent un très léger badigeon, sur leurs lèvres, d'une solution de cocaïne, et sont plongées dans le compartiment D du labyrinthe à quatre divisions; en voici les résultats :

	D	C	B	A
10 heures	10	0	0	0
10 h. 05.	6	3	0	0
10 h. 10.	7	2	1	0
10 h. 15.	4	4	0	2
10 h. 20	3	5	0	2

10 h. 25.....	2	5	2	1
10 h. 30.....	4	1	1	4
10 h. 35.....	3	1	1	5
10 h. 40.....	3	1	1	5
10 h. 45.....	2	2	2	4
10 h. 50.....	1	3	2	4
10 h. 55.....	2	3	2	3
	47	30	12	31

Si on compare ces chiffres à ceux des essais précédents, on voit immédiatement l'énorme ralentissement des recherches, dû certainement à la légère anesthésie des papilles du tact, très nombreuses à la surface des lèvres. En effet, la vue est absolument intacte ; les mouvements du corps et des nageoires sont normaux : les animaux pourraient parfaitement avancer régulièrement en se conduisant par l'organe de la vue. Mais le tact est anesthésié. Les Poissons flairent encore les bords, mais ils sont comme étonnés, déroutés par leur sens tactile défectueux. Cette expérience démontre, une fois de plus, que ces animaux se dirigent dans les méandres d'un labyrinthe, non par la vue, mais par l'organe du tact principalement.

Pour mieux nous rendre compte du rôle de la vue dans leur direction, nous avons vernissé les yeux de plusieurs Epinoches, au vernis noir, en laissant intact leur sens tactile : elles sont arrivées au but avec un léger ralentissement en comparaison des témoins ; mais ce petit ralentissement s'explique fort bien par les efforts qu'elles faisaient en route pour se débarrasser de l'obstacle qui recouvrait leurs yeux. Elles tâtonnaient du reste les parois du vase avec leur museau, et elles avançaient fort bien ainsi sur un chemin qu'elles reconnaissaient.

En somme, toutes nos recherches expérimentales démontrent, semble-t-il, assez clairement les faits suivants :

- 1) Les Poissons apprennent à reconnaître leur habitat;
- 2) Ils conservent plus ou moins longtemps le souvenir de ce qu'ils ont appris ;

3) Le souvenir ne se manifeste plus quand l'animal est fatigué ou épuisé ;

4) Le souvenir peut persister longtemps si la mémoire est exercée.

EXPÉRIENCE 27. — Après un intervalle de 15 jours de repos, un lot d'Épinoches, qui ont repris leur coloration normale, est réintroduit dans le labyrinthe vertical pour voir si ces animaux ont conservé le souvenir de ce milieu spécial. L'expérience est poursuivie deux jours de suite et il semble intéressant d'en comparer les résultats.

Le 15 ^e jour :					Le 16 ^e jour				
	D	C	B	A		D	C	B	A
9 h. 15....	11	1	0	0	3 h. 15....	12	0	0	0
9 h. 20....	12	0	0	0	3 h. 20....	11	1	0	0
9 h. 25....	11	0	1	0	3 h. 25....	11	0	1	0
9 h. 30....	11	0	1	0	3 h. 30....	10	2	0	0
9 h. 35....	11	0	1	0	3 h. 35....	8	2	2	0
9 h. 40....	11	0	0	1	3 h. 40....	11	1	0	0
9 h. 45....	10	2	0	0	3 h. 45....	8	1	3	0
9 h. 50....	10	1	1	0	3 h. 50....	9	2	1	0
9 h. 55....	10	1	0	1	3 h. 55....	9	2	1	0
10 h. 00....	11	1	0	0	4 h. 00....	7	1	2	2
10 h. 05....	11	1	0	0	4 h. 05....	4	2	4	2
10 h. 10....	9	1	1	1	4 h. 10....	4	1	2	5
10 h. 15....	9	1	2	0	4 h. 15....	1	2	3	6
	126	8	7	3		105	17	19	15

Comparons ces résultats avec ceux de la 23^e expérience :

		D	C	B	A
23 ^e expérience	1 ^{er} jour	73	18	26	13
	2 ^e jour	54	24	45	22
27 ^e expérience	1 ^{er} jour	126	8	7	3
	2 ^e jour	105	17	19	15

Il nous paraît évident que, même à 15 et 16 jours de distance, il y a souvenir latent d'abord, puis réveil ou évocation de ce souvenir endormi, qui réapparaît avec force au 2^e essai.

CONCLUSION DE LA III^e PARTIE

La conclusion de ces expériences sera brève : elles sont significatives et elles démontrent clairement que la faculté d'apprendre, soit de reconnaître son habitat et de conserver les impressions nouvelles par le souvenir existe chez les Poissons; ceux-ci *apprennent* et *se souviennent* incontestablement. Ils possèdent donc des facultés psychologiques qui, quoique rudimentaires chez ces représentants inférieurs des Vertébrés, sont visiblement de même nature que celles qui présentent un développement extraordinaire chez les Vertébrés supérieurs, où le système nerveux central a pris une prodigieuse extension.

Mais il ne faut pas oublier que l'on constate parfois des succès plus ou moins complets : Des expériences négatives se présentent dès que les animaux sont fatigués, surmenés, ou bien après une période d'abstinence prolongée, comme aussi après un refroidissement considérable du milieu. Deux autres facteurs nous ont aussi paru, sinon inhiber totalement la mémoire des Poissons, mais du moins en arrêter momentanément les manifestations : le choc violent et une brusque dépression atmosphérique ; sous l'influence de ces excitations les Epinoches descendent au fond de l'éprouvette, comme effrayées, et ne réagissent plus.

En fin de compte, dès qu'on recherche sérieusement les facteurs de leur attitude, à un moment et dans un milieu donnés, on ne tarde pas à voir ressortir clairement le déterminisme psychologique de ces Vertébrés, comme on a pu constater leur déterminisme physiologique. Leur comportement biologique est la sommation des excitations extérieures sur l'état somatique actuel, sur l'ensemble physico-chimique d'un organisme vivant.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Dans cette étude, trop brève sans doute et qui forcément laisse sans réponse bon nombre de questions incidentes, soulevées en cours de route, les réactions des Poissons aux excitants extérieurs ont été examinées expérimentalement, aussi consciencieusement que possible, tant au point de vue sensoriel qu'au point de vue psychique.

L'expérimentation, comme l'observation du reste, nous a démontré d'une façon indubitable, que ces Vertébrés inférieurs qui, comparativement à l'homme, se trouvent à l'autre bout de l'échelle du développement zoologique, possèdent cependant des organes des sens plus ou moins semblables aux siens, que ces organes réagissent aux excitants externes, par attirance ou par répulsion, plus ou moins vivement, plus ou moins clairement, mais réagissent tout de même d'une façon plus ou moins semblable à la réaction humaine.

Les vibrations lumineuses et acoustiques, l'action physico-chimique des matières odorantes et sapides, les sensations tactiles provoquent chez eux des réactions multiples et diverses; elles imposent pour ainsi dire, du dehors, une orientation d'ensemble, le comportement de l'organisme dans son milieu.

Actions complexes du milieu ambiant sur une matière organique de telle forme, de telle composition, de telle ou telle structure interne; réactions de cette forme structurale aux excitations variées de l'ambiance, telles sont les deux sources profondes de l'activité, du comportement, des habitudes de l'organisme vivant. L'excitabilité de celui-ci doit, sans doute, être recherchée dans la complexité physico-chimique des protéines qui en sont la base lointaine et fondamentale.

Mais notre but n'est pas de chercher à pénétrer les conditions physico-chimiques de la vie. Nous avons seulement recherché, entre autres, les manifestations biologiques des organes des sens, ainsi que les réactions psychiques des centres nerveux des Vertébrés inférieurs. Et, contrairement à certaines affirmations injustifiées, que la tradition perpétue dans des ouvrages de sciences naturelles, nous avons expérimentalement reconnu que tous les organes des sens, chez ces Vertébrés inférieurs, sont excitable à différents degrés, il est vrai; qu'ils réagissent tous dans des conditions données, et que, sous les multiples apparences morphologiques, il existe une profonde unité biologique qui, sans aucun doute, embrasse tous les échelons de l'échelle zoologique des Vertébrés, sinon de toute l'échelle animale. Comme le dit Paul de Sède de Lieoux dans sa thèse de doctorat, les recherches expérimentales confirment certainement l'observation vulgaire que le Poisson voit, entend, goûte, flaire et sent fort bien. (1)

Ici se pose pourtant, très naturellement, une question qui relèverait plutôt de la psychologie comparée, mais qu'il convient cependant d'examiner au moins brièvement : les Poissons perçoivent-ils les vibrations du monde extérieur comme nous les percevons ? Entendent-ils les sons comme nous les entendons ? Sont-ils affectés par les particules odorantes et par les matières sapides comme le sont les humains ?

Peut-on vraiment répondre avec certitude à de telles questions ?

Sans doute, extérieurement, leur comportement indique une assez grande analogie avec la façon purement humaine de réagir aux mêmes excitants. Mais, intérieurement, les sensations et les perceptions sont-elles identiques ?

Que de fois, penché sur ces animaux pour étudier leurs réactions, avons-nous ressenti l'amertume de ne pouvoir recourir à l'introspection pour sonder un peu mieux la nature de leurs sensations. Mais un abîme nous sépare de ces lointains organismes : aucun langage ne peut relier notre curiosité scientifique à leur obscur état de conscience, vraisemblablement incompréhensible pour nous.

(1) P. DE SÈDE DE LIEOUX, *Recherches sur ligne latérale des Poissons osseux*, p. 45.

Mais au fond, que nous apprendrait l'introspection elle-même si elle était possible ? Car, enfin, même entre hommes dont la vie mentale est reliée par le même langage et la même éducation, pouvons-nous bien savoir si notre proche voisin, nous expliquant ses sensations, ses perceptions intimes, les sent et les perçoit comme nous ? Nous voici, par exemple, lui et moi, placés devant une feuille de papier que, dans notre langue conventionnelle, nous appelons « rouge ». En nos rétines différentes, physiquement et chimiquement, l'impression de ce « rouge » est-elle identique ? Dans nos centres nerveux où s'élabore le phénomène de conscience, aurons-nous une identique perception de cette sensation « rouge » ?... Il est impossible de le savoir puisque le domaine de la conscience individuelle échappe à tout critérium commun, à toute commune mesure et, pour ainsi dire, à toute investigation expérimentale ! Une variation chimique infinitésimale suffit pour produire une variation physiologique : un peu de santonine, par exemple, produit la sensation de la coloration jaune des objets qui se trouvent dans notre champ visuel. Or, nous le savons, la composition chimique intime des tissus varie constamment chez le même organisme vivant, comme il varie d'un individu à l'autre, de sorte que, logiquement, l'extrême variation chimique des êtres vivants doit produire une extrême variété de nuances perçues. Ainsi donc, même avec la plus consciencieuse introspection, aucun langage ne saurait traduire l'infinie diversité des perceptions individuelles.

Dès lors, comment pourrions-nous savoir si, introspectivement, les Vertébrés inférieurs, si éloignés de nous, perçoivent les vibrations extérieures de la même façon que nous, Vertébrés supérieurs ?

Force est donc de voir et d'observer les phénomènes du dehors expérimentalement, de constater leur similitude, ou leur différence, par leurs manifestations objectives, extérieures. Et là, il ne faut pas l'oublier, la variété morphologique des organes recouvre sans aucun doute la similitude biologique des sensations.

La « ligne latérale » qui, au premier abord, semble être un appareil fondamentalement différent de tous les autres organes

des sens, à tel point qu'on lui a attribué toutes sortes de fonctions, rentre cependant dans la règle générale.

Les sens sont, en effet, des sentinelles avancées sur les frontières de l'individu : ils l'avertissent de l'approche du danger, comme des conditions favorables du milieu; ils donnent à l'organisme la première impulsion motrice; ils déclenchent le réflexe nerveux qui contracte le muscle dans l'acte de fuir l'ennemi, de se rapprocher de la proie ou des conditions convenables à l'organisme. Par les excitations oculaires, auditives, par toutes ses excitations sensorielles, l'individu normal est attiré ou repoussé : il éprouve l'ébranlement qui le met en mouvement dans le milieu extérieur où il vit.

La ligne latérale, dont les fonctions furent si longtemps discutées parce que cet organe présente une morphologie tout à fait spéciale, n'est en somme qu'une concentration, une condensation de papilles sensorielles sur une région particulière, organes délicats, vibrant aux moindres contacts du monde extérieur. Ces papilles sensitives, groupées sur les flancs, et sur différentes régions de la tête chez les Poissons osseux, sont reliées aux centres nerveux par le nerf latéral qui les met ainsi en communication avec le pneumogastrique, avec le nerf acoustique, avec les nerfs rachidiens et même avec le grand sympathique, de sorte que, par leur intermédiaire, les organes latéraux agissent sur les nageoires, sur le labyrinthe, sur la vessie natatoire, sur les chromatophores, sur les vaso-moteurs et autres parties éloignées de l'organisme. Par suite, organe sensitivo-moteur, le nerf latéral provoque des réflexes réguliers, pondérés, coordonnés; c'est donc un appareil *régulateur*, jouant en quelque sorte le rôle du balancier dans l'équilibration des Poissons osseux. Dès que la fonction du nerf latéral fait défaut, l'animal est déséquilibré dans ses réflexes, dans ses mouvements, dans sa stabilisation. Bien plus, dès que cette fonction est fortement compromise ou détruite, l'animal, plus dense que l'eau, ne peut plus lutter contre la gravité, et tombe au fond du vase.

Mais quelle que soit son importance et son utilité, il ne faut pourtant pas conclure à l'indispensabilité de cet appareil : lorsqu'il manque, par suite d'une destruction expérimentale, sa fonction est peu à peu rétablie par des voies de suppléance, comme nous l'avons constaté maintes fois. Ainsi, par exemple,

une Carpe, dont toute la ligne latérale avait été cautérisée, réapprit relativement très vite l'équilibre de ses mouvements et de sa statique ; elle continue aujourd'hui même sa vie normale, six mois après sa cautérisation. C'est là du reste un phénomène parfaitement compréhensible, car, nous le savons, les fonctions physiologiques ne sont pas rigoureusement asservies à telles formes morphologiques. Ainsi la respiration peut aussi bien se faire par les branchies, par des trachées, par les tissus tégumentaires même que par les poumons. La génération se produit par scissiparité, par sporulation, par bourgeonnement, par parthénogenèse, comme par fécondation sexuée. De même l'équilibration produite chez les Téléostéens par le fonctionnement de la ligne latérale, que l'animal utilise de cette façon, s'obtient chez eux, au besoin, comme chez les autres animaux aquatiques, par d'autres procédés physiologiques. Privé artificiellement de sa ligne latérale, le Téléostéen *apprend*, par autoéducation, à s'équilibrer et à coordonner les mouvements de ses nageoires, en utilisant les sensations éprouvées par les diverses papilles sensitives répandues dans les différentes régions de son derme : ne l'oublions pas, si les fonctions physiologiques ont pour substrat indispensable la matière organique, elles ne sont point les esclaves absolues des formes morphologiques très diverses que cette matière peut revêtir.

Mais ce n'est pas seulement dans le domaine de la physiologie que le Poisson apprend à modifier son comportement lorsqu'il rencontre des conditions nouvelles. A l'instar des Vertébrés supérieurs, quoiqu'en des proportions plus restreintes, ce Vertébré inférieur examine le milieu nouveau où il se trouve, en prend connaissance, apprend à en contourner les difficultés et inscrit dans ses centres nerveux l'empreinte de ses impressions, les conserve par le souvenir de façon à éviter l'obstacle, lorsqu'il se présente à nouveau devant lui ; il le reconnaît sans doute grâce à ses expériences passées. Tant bas placé soit-il dans l'échelle des Vertébrés, l'animal entre donc en plein dans le domaine psychologique ; et, loin d'en être essentiellement différente, la psychologie animale n'est que l'ébauche, sinon la base même de la physiologie humaine, infiniment plus complexe, forcément, par la complexité relativement extraordinaire de son substratum organique.

Toute la Biologie moderne démontre la profonde erreur du génial Descartes, imposée peut-être par son siècle, scindant magistralement le monde animal en deux grandes classes essentiellement différentes d'organismes : d'un côté, les animaux agissant par la disposition même de leurs organes; et, d'autre part, les hommes, mus par une entité métaphysique, une âme, entièrement indépendante du corps ! Etrange destin de l'homme qui, tout en affirmant avec puissance sa liberté de penser et de vouloir, se trouve déterminé par le milieu psychologique et social où il vit, où il pense et veut !

Cette conception cartésienne, en effet, porte l'empreinte indélébile d'une époque où les soucis théologiques et éthiques dominaient encore celui de la recherche indépendante, purement scientifique : malgré son merveilleux effort de libération, le génie lui-même était enchaîné par l'emprise du milieu.

En effet, si ce philosophe, certainement éclairé par toute la lumière scientifique de son temps, juge qu'il existe un infranchissable abîme entre l'âme des bêtes et celle de l'homme, c'est que, à son avis, « aucune erreur n'éloigne autant les esprits faibles du droit chemin de la vertu que d'imaginer que l'âme des bêtes soit de même nature que la nôtre, et que par conséquent nous n'avons rien à craindre ni à espérer après cette vie, non plus que les mouches et les fourmis; au lieu que lorsqu'on sait combien elles diffèrent, on comprend beaucoup mieux les raisons qui prouvent que la nôtre est d'une nature entièrement indépendante du corps, et par conséquent qu'elle n'est point sujette à mourir avec lui... » (1)

La recherche sereine de la vérité n'a plus à subir de frein téléologique. La science vraiment n'a pas à s'occuper de savoir si la vérité qu'elle poursuit est ou n'est pas conforme, est ou n'est pas favorable à la morale conventionnelle de telle époque; elle n'a pas non plus à se préoccuper des soucis problématiques de l'au-delà, comme le veut l'illustre philosophe. Elle a le droit cependant de réclamer au philosophe et au moraliste qui la morigène d'être au moins logique avec soi-même. Or ici, nous allons le voir, ce clair génie tombe dans un illogisme frappant. En effet, après avoir déclaré que la différence entre l'âme des

(1) DESCARTES, *Discours sur la Méthode*, V^e partie, pp. 95 à 98 (Edition Bibliothèque Nationale).

bêtes et la nôtre, c'est que celle-là est entièrement dépendante des organes, alors que la nôtre est entièrement indépendante du corps, Descartes, deux pages plus loin, écrit ces lignes si vraies et si conformes à la psychologie moderne : « car même l'esprit dépend si fort du tempérament et de la *disposition des organes du corps*, que, s'il est possible de trouver quelques moyens qui rendent les hommes plus sages et plus habiles qu'ils n'ont été jusqu'ici, je crois que c'est dans la médecine qu'on doit les chercher. » (1)

Ne semble-t-il pas entendre la voix autorisée d'un psychologue ou d'un aliéniste moderne ? Un Maudsley, un Ribot, un Forel, un D^r Legrain, un D^r Toulouse, un Maurice de Fleury parleraient-ils un autre langage ? Mais malgré ces éclairs de vérité, le préjugé formulé par Descartes régna encore longtemps sur les esprits les plus éclairés. Peut-être ne serait-il pas très difficile d'en retrouver encore des traces, plus ou moins profondes, dans les cerveaux en mal de philosophie de quelques savants contemporains ?

Et pourtant, cette aberration de vouloir animer la bête et l'homme par une âme d'une nature essentiellement différente n'égare pas tous les esprits, même à cette époque inspirée surtout par l'idée théologique. Une intuition plus exacte éclaire certains rares génies que n'obscurcissent pas les sophismes courants. Giordano Bruno, par exemple, condamné à être brûlé vif 37 ans avant la publication de l'immortel *Discours sur la Méthode*, avait proclamé cette loi fondamentale, entrevue déjà par la science grecque, que la différence des êtres vivants provient de la différence structurale de leur organisme : « car, dit-il, selon les différentes dispositions de la matière, selon la différence des organes, on est doué de différents modes d'esprit et de différentes fonctions ». (2)

La biologie moderne a pleinement confirmé l'exactitude de cette intuition. Suivant un processus bien décrit par H. Delacroix, « la science va de l'idée confuse à l'idée claire et distincte ; nos idées s'ajustent progressivement aux choses ; elles se rectifient par degrés ; d'abord incomplètes et vagues, elles s'enrichissent par

(1) DESCARTES, *Discours sur la Méthode*, VI^e partie, p. 102.

(2) D^r ROMÉO MANZONI, *La Mente di Giordano Bruno*, p. 45.

l'expérience ; elles s'épurent aussi et laissent tomber leurs caractères adventices ». (1).

Eh bien ! en s'ajustant aux réalités, en rectifiant ses erreurs, en s'enrichissant par l'expérience, en laissant tomber les surcharges inutiles, les savants ont enfin, peu à peu, reconnu qu'il n'existe pas plus de dualité psychique essentielle entre la bête et l'homme qu'il n'existe entre eux de dualité physiologique, pas plus du reste qu'il n'existe de dualité fondamentale entre le monde inorganique et le monde biologique. Entre tous les points extrêmes et largement différenciés, il y a des nuances, des graduations que notre myopie intellectuelle ne saisit pas toujours facilement, mais qui n'en relient pas moins les extrémités apparemment opposées au grand jour ! « Ce qui apparaît surtout, dit J. Anglas, c'est l'unité de toutes les sciences de la nature, ainsi que des lois réagissant tous les phénomènes. Continuité dans la succession des êtres, continuité entre les propriétés de la matière brute et les diverses manifestations de la vie, telle sera notre conclusion. » (2)

Donc aussi, ajouterons-nous, continuité entre la psychologie animale et la psychologie humaine, entre lesquelles il ne saurait y avoir ni abîme infranchissable ni différence essentielle et fondamentale. Tous les êtres vivants proviennent de la même source profonde, physico-chimique. Tous les phénomènes psychiques ont aussi, sans doute, leur origine lointaine dans l'irritabilité de la matière organique, dans sa réaction aux excitations extérieures, dans sa libération d'énergie antérieurement emmagasinée. Et cette réaction, déterminée dans sa forme et sa puissance par le degré de perfection de l'organe — car il n'est aucun psychisme sans un substratum organique — prend toutes les formes et se présente à tous les degrés, depuis l'irritabilité cellulaire et le réflexe médullaire, jusqu'aux manifestations les plus hautes de la pensée et de la volonté des Mammifères supérieurs.

L'abîme affirmé par Descartes n'existe pas en Biologie : il n'y a entre les deux mondes, animal et humain, que des transitions, qu'une science plus impersonnelle et plus dégagée d'anthropomorphisme met de plus en plus en lumière.

(1) H. DELACROIX, *Les opérations intellectuelles dans le Traité de Psychologie de Dumas*, vol. II, p. 140.

(2) J. ANGLAS, *Les grandes questions biologiques depuis Darwin*, 1924, p. 123.

Contrairement au sophisme cartésien, un grand observateur contemporain, Milne Edwards, relève avec clarté l'apparement naturel du psychisme animal et humain : « en poursuivant l'étude des fonctions mentales, dit-il, nous aurons maintes occasions de voir qu'aucune des principales facultés intellectuelles n'appartient exclusivement à l'homme... Beaucoup d'animaux sont aptes à penser, à réfléchir, à raisonner, à agir avec préméditation et précision, en vertu du jugement qu'ils portent ». (1)

Un autre savant, à l'esprit fort pondéré, qui ne s'engageait point dans des voies incertaines, se montre encore plus affirmatif ; rappelons ces paroles de de Quatrefages : « l'animal sent, juge et veut, c'est-à-dire qu'il raisonne et par conséquent qu'il est intelligent. A mes yeux, l'animal est intelligent et, pour être rudimentaire, son intelligence n'en est pas moins de même nature que celle de l'homme ». (2).

Hachet-Souplet, qui s'efforce, bien à tort, de mettre en opposition les lois qui régissent la matière brute et celles régissant les phénomènes vitaux, puisque la biologie a pour base les combinaisons complexes de la matière brute elle-même, reconnaît sans difficulté que « le psychisme naît de la vie », « que l'animal apprend »... « ce qui ne signifie pas, dit-il, qu'il existe un principe vital, mais que les lois de l'énergétique ont, dans l'être vivant, un degré de complexité qui n'existe pas dans les réactions des minéraux ». (3)

Plus récemment, résumant les grandes conquêtes de la biologie actuelle, J. Anglas affirme que, « si l'intelligence de l'homme est incomparablement plus puissante, plus souple que tout autre, on ne peut nier l'existence d'une faculté analogue chez nombre d'animaux capables d'associations nouvelles et même d'invention ». (4).

Des conclusions semblables, puisées dans les œuvres et les travaux scientifiques contemporains, peuvent être multipliées à l'infini ; elles démontrent qu'un psychisme identique domine l'en-

(1) MILNE EDWARDS, *Leçons sur la Phys. et l'Anat. comp.*, t. XIII, p. 478.

(2) DE QUATREFAGES, *L'Espèce humaine*, p. 10.

(3) HACHET-SOUPLET, *La Genèse des Instincts*, p. 86.

(4) J. ANGLAS, *Les grandes questions biologiques depuis Darwin*, p. 122.

semble de l'animalité, depuis ses plus humbles représentants jusqu'aux individus les plus élevés en organisation. Le degré de perfectionnement de ce psychisme est en corrélation directe avec le degré de perfectionnement du système nerveux. Comme le dit fort bien Milne Edwards, « chez les animaux les plus inférieurs les facultés mentales pour ainsi dire rudimentaires peuvent s'exercer au moyen d'une partie quelconque de l'organisation : chez les êtres les moins imparfaits, elles deviennent la propriété des foyers nerveux qui d'ailleurs restent à peu près similaires entre eux et qui sont constitués par les ganglions disposés d'anneaux en anneaux... puis certains de ces foyers devenus prédominants, sans que les autres foyers d'activité nerveuse soient complètement déchus de leur pouvoir psychique, et ce sont les parties céphaliques de l'appareil dont l'importance grandit de la sorte. Enfin chez les représentants les plus élevés de l'animalité, c'est dans une seule partie de l'axe nerveux céphalo-rachidien, dans le cerveau proprement dit, que les facultés mentales se concentrent, et cette partie de l'encéphale ne peut être suppléée dans ses fonctions par aucun autre instrument physiologique.

Toutes les facultés essentielles, fondamentales de l'esprit que l'homme possède, se rencontrent à un moindre degré chez tel ou tel animal d'un rang plus ou moins inférieur. La différence entre ces êtres et nous consiste dans le degré de puissance de facultés mentales communes ». (1)

En ce qui concerne les Vertébrés inférieurs que nous avons étudiés dans ce travail, et dont le cerveau est tellement rudimentaire que des savants comme Edinger et Catois, pour des raisons d'infériorité anatomique et histologique, ont cru devoir lui refuser la mémoire, nous avons suffisamment démontré par de nombreuses expériences, que ces animaux, non seulement manifestent de l'attention, de la recherche, de la connaissance des lieux et des obstacles qu'ils rencontrent, mais aussi qu'ils reconnaissent fort bien ce qu'ils ont antérieurement appris à connaître. Ils sont certainement doués de mémoire et d'une mémoire associative pouvant persister fort longtemps. Le Poisson, placé dans un milieu nouveau, examine, observe, conserve l'empreinte de ses impressions nouvelles et, déterminé par les acci-

(1) Milne EDWARDS, *Leçons sur la Phys. et l'Anat. comp.*, t. XIII, pp. 378 et 397.

dents qu'ils rencontre, il modifie sa façon d'agir, son comportement, ses habitudes.

Donc, si lointain que leur psychisme se trouve de celui de l'homme — puisque ces deux êtres vivent aux deux extrémités de la longue échelle des Vertébrés — ce psychisme animal très inférieur obéit aux mêmes processus et aux mêmes lois que le nôtre ; quoique situé à l'aube crépusculaire d'une commune origine, il apparaît bien de même nature que celui qui s'épanouit aujourd'hui dans l'abondante floraison intellectuelle des Mammifères les plus évolués. « Les lois générales de la mémoire associative se montrent identiques chez les animaux et chez l'homme » comme le dit si bien Pieron (1).

Mais alors, si la bête et l'homme, pour nous servir du langage de Descartes, sentent, se souviennent et agissent conformément aux mêmes processus et aux mêmes lois psychologiques, s'il n'y a entre eux que des nuances, des différences de degré, provenant d'une différence de structure organique, leur psychisme est donc, au fond, de même nature ; il doit donc provenir chez tous deux également ou d'une entité immatérielle, métaphysique, ou « de la disposition même de leurs organes ».

La question, quant à nous, nous paraît tranchée, en ce sens que la science positive n'a pas à s'occuper d'un postulat indémontrable par le fait qu'il échappe à son contrôle ; et que les facultés intellectuelles se trouvent, devant la science expérimentale, constamment unies et liées à un substratum organique, matériel, dont elles subissent fatalement la dépendance et le déterminisme physiologique.

En vain chercherait-on des objections et des échappatoires dans les méandres encore inexplorés, dans les régions obscures d'une psychologie moderne en voie de se clarifier sous l'influence des clartés que lui apportent chaque jour les sciences naturelles. En vain s'efforce-t-on d'opposer, par exemple, l'instinct au réflexe et l'intelligence à l'instinct. Ce domaine, où certainement règnent encore des ombres, n'échappe pas aux lois profondes de la nature, même si l'homme ignore les liens cachés reliant les faits. De l'animal à l'homme, il y a entre l'être vivant et le milieu une continuité d'actions et de réactions qui se manifes-

(1) PIERON, *Psychologie zoologique* dans *Traité de Psychologie* de Dumas, t. II, p. 687.

tent dans l'organisme par des modalités diverses. « Que se passe-t-il, dit encore Pieron, entre la réception d'une excitation par un animal et la réaction qu'elle provoque ? Le processus interne qui prépare la réaction peut être plus ou moins complexe, ce peut être un réflexe, un instinct, un acte intelligent ; il peut impliquer l'attention, l'intervention de souvenirs, l'influence de processus affectifs, peut-être même des notions abstraites ». (1)

Mais la Biologie moderne ne méconnaît pas l'unité fondamentale de tous ces phénomènes, qui semblent au premier abord si distants et même si disparates, aux yeux surtout des profanes peu au courant des connaissances biologiques. « Il n'est pas d'acte nerveux central, dit le docteur Letourneau, de la méduse à l'homme, qui ne puisse se ramener à des actes réflexes ». Derrière tout ce labyrinthe de phénomènes psychiques (mémoire, imagination, désirs, pensées, volonté) il y a simplement des actes réflexes, des sensations et des impressions transformées ». (2)

Etudiant les instincts de divers insectes, M. le professeur Rabaud a réussi à décomposer le comportement instinctif en une série de réflexes « sans avoir recours à aucune hypothèse arbitraire, dit-il, les faits se reliant d'eux-mêmes » (3).

Mais si l'instinct se ramène au réflexe, n'oublions pas qu'il se relie d'autre part à ce qu'on appelle l'intelligence. A maintes reprises et par suite de nombreuses observations, Milne Edwards relève les multiples graduations par lesquelles la nature passe des manifestations instinctives aux manifestations intellectuelles. Il affirme que « la différence entre les actes rationnels et les actes instinctifs n'est ni aussi grande ni aussi nettement caractérisée qu'on le suppose communément »... « L'instinct, dit-il, n'a pas la fixité absolue qu'on lui attribue... il est susceptible de subir des changements considérables suivant les conditions biologiques dans lesquelles se trouvent les individus ». (4)

Ces données sont pleinement confirmées par les recherches si remarquables de M. Rabaud : « et souvent, écrit ce savant, nous opposons l'intelligence à l'instinct comme on oppose la sou-

(1) PIERON, *Psychologie zoologique* dans *Traité de Dumas*, t. II, p. 671.

(2) D^r LETOURNEAU, *La Biologie*, pp. 458 et 460.

(3) E. RABAUD, *Fabre et la Science*, p. 86.

(4) Milne EDWARDS, *Leçons sur la Physiol. et l'Anat. comp.*, t. XIII, p. 478-479.

plesse à la rigidité. Mais l'opposition n'existe, en réalité, que dans les extrêmes et l'on trouverait certainement entre eux tous les intermédiaires. Ce ne sont pas deux mécanismes distincts, coexistants, se superposant ou s'excluant, mais deux modalités d'un même organisme fondamental appartenant à des organismes différemment constitués ». (1).

Telles sont aussi les conclusions auxquelles arrive Pieron dans sa belle étude consacrée à la « Psychologie zoologique ». « On doit se convaincre, dit-il, qu'entre un réflexe et un instinct indéniable il y a tous les intermédiaires, la continuité naturelle se jouant de nos divisions arbitraires... l'instinct comme le réflexe ne s'apprend pas ; mais son immutabilité, dont on a fait un dogme, n'est pas absolue, et il peut varier sous l'influence de circonstances nouvelles. De même qu'il y a des intermédiaires entre le réflexe et l'instinct, il en est entre l'acte instinctif et l'acte intelligent... » (2)

De l'aveu de la Biologie moderne, il existe donc une continuité parfaite entre l'acte purement réflexe et les manifestations psychologiques les plus élevées : un même déterminisme biologique relie en une grande unité fondamentale toutes les réactions du système nerveux, depuis les plus simples jusqu'aux plus complexes, car, comme le dit le docteur Toulouse, « toutes nos idées, tous nos actes sont déterminés. Et l'on ne peut concevoir des faits, seraient-ils intellectuels, qui échappent à la loi du déterminisme universel. » (3)

Pourquoi ? Parce que toutes les formes diverses de l'activité des innombrables organismes ne sont, en définitive, que des manifestations variées de la force universelle, à travers des appareils individuels différenciés, résonnant plus ou moins parfaitement sous les vibrations qui les frappent constamment.

Homme ou Poisson, l'être vivant n'est qu'une infime parcelle de l'univers, un réflecteur, un accumulateur, un transformateur d'un peu d'énergie, concentrée momentanément en lui et s'extériorisant à nouveau plus ou moins rapidement au sein du monde ambiant.

(1) E. RABAUD, *Eléments de Biologie expérimentale*, p. 330.

(2) H. PIERON, *Psychologie zoologique* (Traité de G. Dumas, t. II, p. 680-683.

(3) D^r TOULOUSE, *Le Cerveau*, p. 148.

SECONDE THÈSE

Propositions données par la Faculté.

- 1) La reproduction chez les Hyménoptères sociaux.
- 2) Glandes endocrines et métamorphoses chez les Batraciens.

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 6 Janvier 1926,

Le Doyen de la Faculté des Sciences :

M. MOLLIARD.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris :

P. LAPIE.

BIBLIOGRAPHIE

- ANGLAS (J.). — *Les grandes questions biologiques depuis Darwin*, Paris, 1924.
- BAUER (V.). — *Ueber das Faber. der Fische*, Arch. Phys., 1910.
- BERNOUD (D^r). — *Chronique scientifique de la Gazette de Lausanne*, 9 août, 1925.
- BLANCHARD. — *Poissons d'eau douce*. Paris, Baillière, 1866.
- BOHN (Georges). — *La Vie et la Mort*, Paris, Stock, 1925.
- CASTELLANOS (Israel). — *La Plasmogenia*, Habana, 1921.
- CATOIS (E.). — *Histologie et Anatomie de l'Encéphale chez les Poissons*, Bull. Scientif., 1902.
- CHATIN. — *Les organes des sens dans la série animale*. Paris, 1880.
- CLAPARÈDE. — Article « Orientation » dans *Traité de Psychologie de Dumas*, t. I, 596.
- CLOQUET (H.). — *Dictionnaire des Sciences*. Paris, Ch. Delagrave.
- DASTRE (A.). — *La Vie et la Mort*, Paris, Flammarion, 1920.
- DANTAN. — *La mémoire chez les Poissons*, Bull. Inst. Psych., 1904.
- DELACHROIX. — *Les opérations intellectuelles dans Traité de G. Dumas*, 1923.
- DESCARTES. — *Discours sur la Méthode*, Paris, Bibl. Nationale.
- DUMAS (G.). — *Traité de Psychologie*, Paris, 1923.
- DUMERIL. — *Mémoire sur l'odorat des Poissons*. Paris, 1865.
- EDINGER. — *Les Poissons ont-ils de la mémoire ?* Revue philosop., 1897.
- FILHOL. — *La vie au fond des mers*. Paris, Masson, 1886.
- FISCHER (Jacques). — *L'amour et la morale*, Paris, 1925.
- FRISCH (K. von). — *Ueber den Fabensinn des Fische*, 1911.
- GEOFFROY SAINT-HILAIRE. — *Structure et usage de l'appareil olfactif chez les Poissons*. Paris, Masson, 1856.
- GIARD. — *Préface de la Dynamique de la vie de Loeb*, Paris, Alcan, 1908.
- GOLDSMITH (Marie). — Thèse de doctorat : *Réactions physiologiques et psychiques des Poissons*, Paris, 1915.
- GRABER (Vitus). — *Grundlinien zur Erforschung des Helligkeits und Farbensinn der Tiere*.
- GUYENOT. — *Les fonctions de la vessie natatoire des Poissons téléostéens*, Paris, Bull. biol., 1917.
- HAECKEL (Ernest). — *Histoire de la création naturelle*. Paris, Schleicher, 1884.
- HENNEGUY (Félix). — *Embryologie de la Truite*, Thèse, Paris, Alcan, 1889.
- HERRERA (A.). — *Biologia y Plasmogenia*. Habana, 1921.

- HOUSSAY (Frédéric). — *La forme et la vie*, Paris, 1900.
- HUNTER. — *Catalogue of the phys. series.*
- INTOSCH (Mac). — *Note on the Memory of Fishes*, Journal of ment. science, 1898.
- JACQUEMIN (I.). — *La matière vivante et la vie*. Bruxelles, 1920.
- KOLMANN (Max). — *La Biologie*, Paris, 1925.
- LACÉPÈDE. — *Histoire naturelle des Poissons*, Paris, t. I, p. 67.
- LAMBLING (E.). — *Précis de Biochimie*, Paris, Masson, 1921.
- LARGUIER DE BANCELS. — *Le Goût et l'Odorat*. Paris 1912.
- LETOURNEAU (D^r). — *Biologie*. Paris, Schleicher. Paris, Reinwald, 1876.
- LUBBOCK. — *Les sens et l'instinct*, Paris, 1900.
- MANZONI (D^r Romeo). — *Le Problème biologique*, Paris Schleicher, 1908.
— *La mente di Giordano Bruno*, Lugano, 1895.
- MOEBIUS. — *Die Bewegungen den Tiere und ihr psychischer Horizont.*
- MARY (Albert et Alexandre). — *Principes de Plasmogénie*. Mexico, 1890.
- MAST. — *Revue générale des Sciences*, 1915, p. 389.
- MILLOT (Jacques). — *Le pigment purique chez les vertébrés inférieurs.*
Bulletin biologique, 1923, p. 330-332.
- MILNE EDWARDS. — *Leçons de Physiologie et Anatomie comparée*, t. XII et XIII.
- PIERON (H.). — *Psychologie zoologique dans le Traité de Dumas*, t. II. —
— *L'Evolution de la mémoire*, Paris, Flammarion, 1920.
- PLINE. — *Histoire naturelle.*
- QUATREFAGES (DE). — *L'Espèce humaine*, Paris, 1878.
- RABAUD (Et.). — *Eléments de biologie générale*, Paris, Alcan, 1920. —
— *Recherches sur la variation chromatique* (Bull. biol.).
— *L'immobilisation réflexe et l'activité normale des Arthropodes*,
(Bull. biol., 1919).
— *Le Transformisme et l'Expérience*, Paris, Alcan, 1911.
— *Fabre et la Science*, Paris, E. Chéron, 1925.
- REGHARD. — *An experimental Study* (Var. Carn. Inst., 1907).
- REGNARD (Paul). — *La Vie dans les Eaux*, p. 494. Paris, 1891.
- ROBIN (Aug.). — *Histoire naturelle des animaux*, Paris, Hachette.
- ROULE (Louis). — *Les Poissons migrateurs*, Paris, 1924.
- SAUVAGE et KUNCKEL. — *Les Poissons et les Crustacés* (A.-E. Brehm).
- SÈDE DE LIEUX (Paul DE). — *Recherches sur la ligne latérale des Poissons osseux*. Thèse de Doctorat, Paris, 1884.
- THORNDICKE. — *Animal Intelligence* (Psych. Rev., 1898).
- TOULOUZE (D^r). — *Le Cerveau*, Paris, Schleicher, 1901.
- TRIPLET. — *The Educability of the Perch* (Am. Journ. psych., 1901).
- VIALLETON. — *Eléments de morphologie des Vertébrés*, Paris, Doin, 1911.
- WASHBURN et BENTLEY. — *The establishment of an association* (Journal of am. Neur. and Psych., 1906).
- YUNG (E.). — *Conférences sur la conception du monde*, Genève, 1890.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PRÉFACE	7
INTRODUCTION	17

PREMIERE PARTIE

Les organes des sens.....	21
CHAPITRE I. — Réactions visuelles	29
— II. — Réactions acoustiques.....	60
— III. — Réactions olfactives.....	68
— IV. — Réactions gustatives.....	76
— V. — Réactions tactiles.....	83
— VI. — Réactions électriques et chromatiques.....	88
Conclusions de la première partie.....	96

DEUXIEME PARTIE

La ligne latérale.....	99
CHAPITRE I. — Nerf latéral et méthodes d'examen.....	109
— II. — Cocaïnisation de la ligne latérale.....	114
— III. — Éthérisation de la ligne latérale.....	129
— IV. — Laudanisation de la ligne latérale.....	138
— V. — Chloroformisation de la ligne latérale.....	142
— VI. — Destruction de la ligne latérale.....	146
— VII. — Actions de milieux divers.....	155
Conclusions de la deuxième partie.....	165

	Pages
TROISIEME PARTIE	
Phénomènes psychiques	169
CHAPITRE UNIQUE. — De la mémoire.....	179
Conclusions de la troisième partie.....	217
Conclusions générales	218
BIBLIOGRAPHIE	233

IMP. LES PRESSES MODERNES
45, rue de Maubeuge — PARIS
